



TECHNISCHE
UNIVERSITÄT
DRESDEN

Architektur Information TU Dresden

31 (1999)

SCHRIFTENREIHE DER FAKULTÄT ARCHITEKTUR

Die bauliche Hülle von medizinischen Großgeräten und deren Bedeutung für ein therapeutisches Milieu



Strahlentherapie im Städtischen Klinikum Karlsruhe

Bild: KAPEG, Karlsruhe

Monika Fendl

Die bauliche Hülle von medizinischen Großgeräten und deren Bedeutung für ein therapeutisches Milieu

von

Monika Fendl

Wissenschaftliche Mitarbeiterin

Monika.Fendl@mailbox.tu-dresden.de

Technische Universität Dresden, Fakultät Architektur

Professur für Sozial- und Gesundheitsbauten, 01062 Dresden

Dieses Dokument ist online auch in Farbe erhältlich:

<http://www.tu-dresden.de/arige/sozialb/forschung/fendl01.pdf>

Mit freundlicher Unterstützung von

Philips Medizin Systeme
Unternehmensbereich der Philips GmbH
Röntgenstraße 24
22335 Hamburg

Tel. (0 40) 50 78-0
Fax.: (0 40) 50 78-20 02



PHILIPS

Let's make things better

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Abkürzungsverzeichnis	IX
0 Einleitung	10
1 Grundlagen der Strahlenphysik	11
1.1 Was sind Strahlen?	11
1.2 Arten von Strahlung	11
1.2.1 Ionisierende Strahlung	11
1.2.1.1 Röntgenstrahlung	11
1.2.1.2 Radioaktive Strahlung und Gammastrahlung	12
1.2.2 Nichtionisierende Strahlung	14
2 Grundlagen des Strahlenschutzes	15
2.1 Aufgaben und Ziele des Strahlenschutzes	15
2.2 Rechtsvorschriften im Strahlenschutz	15
2.3 Baulicher Strahlenschutz - Bereiche im Strahlenschutz	17
2.4 Baulicher Strahlenschutz - Abschirmung	19
2.5 Strahlenschutzmittel und Arbeitssicherheit	21
2.6 Zusammenfassung ionisierende Strahlung und erforderlicher Strahlenschutz	22
3 Medizinische Großgeräte - Übersicht	23
3.1 Medizinische Großgeräte mit ionisierender Strahlung	23
3.1.1 Röntgeneinrichtungen	23
3.1.2 Röntgencomputertomographie	28
3.1.3 Nuklearmedizin	32
3.1.4 Strahlentherapie	35
3.2 Medizinische Großgeräte mit und ohne ionisierender Strahlung: Lithotripsie	44
3.3 Medizinische Großgeräte ohne ionisierender Strahlung: Kernspintomographie	48
3.4 Zusammenfassung diagnostische medizinische Großgeräte	55
4 Grundlagen der Psychologie	56
4.1 Umweltpsychologie	56
4.2 Sozialpsychologie und Umweltgestaltung - Crowdingforschung	58
4.3 Erwartungen und Bedürfnisse der einzelnen Nutzergruppen	59
4.3.1 Personal	59
4.3.2 Patient	60
4.3.3 Ziele der baulichen Umwelt - Planungsansätze	61

5	Gestaltungsmittel und Gestaltungsräume	63
5.1	Gestaltungsmittel	65
5.1.1	Material.....	65
5.1.2	Farbe.....	66
5.1.3	Beleuchtung.....	72
5.1.4	Möbel	74
5.1.5	Kunst	74
5.1.6	Pflanzen	75
5.2	Gestaltungsräume	75
5.2.1	Eingangsbereich mit Anmeldung, Empfang und Rezeption.....	75
5.2.2	Wartebereich und Wartezonen.....	77
5.2.3	Arztzimmer.....	80
5.2.4	Umkleidekabine	82
5.2.5	Untersuchungs- und Behandlungsbereich.....	84
6	Analyse und Bewertung vorhandener Beispiele und Lösungsansätze für zukünftige Planungen.....	90
6.1	Strahlentherapie	91
6.2	Lithotripsie.....	110
6.3	Kernspintomographie.....	118
7	Zusammenfassung und Ausblick	130
	Quellen.....	132

Abbildungsverzeichnis

- Abb. 1: Schematische Darstellung der Strahlungsemission aus dem Atomkern
- Abb. 2: Modell zur Erklärung des Abstandsquadratgesetzes
- Abb. 3: Strahlenschutzbereiche, Dosisgrenzwerte und Überwachungsmaßnahmen gemäß StrlSchV
- Abb. 4: Strahlenschutzbereiche, Dosisgrenzwerte und Überwachungsmaßnahmen gemäß RöV
- Abb. 5: Abschirmmaterialien für Röntgenstrahlung
- Abb. 6: Abschirmmaterialien für Gammastrahlung
- Abb. 7: Zusammenfassung ionisierende Strahlung und erforderlicher Strahlenschutz
- Abb. 8: Übersicht über medizinische Großgeräte
- Abb. 9: Heutige Technik: Sireskop SX von Siemens für Durchleuchtung und Aufnahme
- Abb. 10: Röntgendiagnostik zur Krebserkennung im Alfried Krupp Krankenhaus, Essen
- Abb. 11: Vogtlandklinikum Plauen, 10.06.1996, Angiographie mit einfachem C-Bogen
- Abb. 12: Mammography room, design: Jain Malkin Inc. (ohne Angabe des Ortes)
- Abb. 13: Röntgeninstitut in Trier, Mammographieraum
- Abb. 14: Woman's imaging center in Morton Plant Hospital / Diagnostic Imaging Center, Clearwater, Florida
- Abb. 15: Alfried Krupp Krankenhaus, Essen, Lagerung für eine Röntgenaufnahme des Gehörgangs
- Abb. 16: Vogtlandklinikum Plauen, 10.06.1996, Computertomographie mit natürlicher Belichtung, rechts Medienwagen
- Abb. 17: Schematische Darstellung der computertomographischen Aufnahmetechnik
- Abb. 18: Röntgeninstitut in Trier, Computertomographie
- Abb. 19: Computertomographie im Alfried Krupp Krankenhaus, Essen
- Abb. 20: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, CT zur Lokalisation
- Abb. 21: Heutige Technik: Computertomograph mit Spiralaufnahmetechnik, Schaltbereich hinter Bleiglasscheibe
- Abb. 22: Serie von Szintigrammen zur Darstellung des Harnflusses von Niere zur Blase
- Abb. 23: Gammakamera
- Abb. 24: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Dresden-Strehlen, 12.10.96, Wartebereich Nuklearmedizin
- Abb. 25: Schematische Darstellung der Funktionsweise der Positronenemissionstomographie
- Abb. 26: Positronenemissionstomograph
- Abb. 27: Heutige Technik: Linearbeschleuniger MEVATRON von Siemens
- Abb. 28: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Kobaltanlage
- Abb. 29: Beim Beschuß von Tumoren mit Gamma- oder Teilchenstrahlen werden empfindliche Organe mit Bleiblöcken abgeschirmt
- Abb. 30: Protonenstrahlen werden wegen ihrer kurzen Reichweite von drei bis vier Zentimetern häufig zur Behandlung von Augentumoren eingesetzt.
- Abb. 31: Protonenbeschleuniger am Paul-Scherrer-Institut in Villigen, Schweiz, mit etwa vier Metern Durchmesser
- Abb. 32: Linear accelerator, interior design: Jain Malkin Inc. (ohne Ortsangabe)
- Abb. 33: Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, Strahlentherapie, Afterloading-Raum

- Abb. 34: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Afterloading
- Abb. 35: Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, Strahlentherapie, Behälter für Afterloading-Iridium-Quelle
- Abb. 36: Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, Strahlentherapie, Iridium-Quelle (inaktiv!) für Afterloading
- Abb. 37: Strahlentherapie im Alfried Krupp Krankenhaus, Essen
- Abb. 38: Schematische Darstellung der Strahlungsfelder
- Abb. 39: Masken und Rahmen hindern die Patienten daran, sich zu bewegen. Damit wird nur das Zielvolumen bestrahlt.
- Abb. 40: Diese Strahlenblenden werden über die Behandlungszeit immer wieder über den Patienten gelegt.
- Abb. 41: Hoher Steinschnitt
- Abb. 42: Lithotripter Lithostar von Siemens mit Deckenampel und Tischsockel
- Abb. 43: Altes Gerätesystem mit einem Wasserbad zur Übertragung der Stoßwellen
- Abb. 44: Heutige Technik: Mobiler Lithotripter DIAGNOST ME von Philips
- Abb. 45: Heutige Technik: GYROSCAN NT 15 von Philips
- Abb. 46: Schematische Darstellung der Funktionsweise eines MRT
- Abb. 47: Magnetic resonance imaging system (freistehend), GE Medical Systems, Milwaukee, WI. Magnetic resonance imaging system (eingebaut), Picker International, Highland Heights, OH
- Abb. 48: Kernspintomograph in Hufeisenmagnetform, Öffnung etwa 50cm, im Alfried Krupp Krankenhaus, Essen
- Abb. 49: Kernspintomograph in Hufeisenmagnetform, Öffnung etwa 50cm, im Alfried Krupp Krankenhaus, Essen
- Abb. 50: Heutige Technik: MAGENTOM Open von Siemens ohne „Gantry“
- Abb. 51: Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, MRT-Raum, Eisenabschirmung
- Abb. 52: Universitätsklinikum Dresden, 13.08.1996, MRT-Raum mit HF-Abschirmung und Deckenöffnung
- Abb. 53: Magnetfeldliniendiagramm
- Abb. 54: Magnetfeldliniendiagramm
- Abb. 55: Zusammenfassung diagnostische medizinische Großgeräte
- Abb. 56: Eigenschaften zur Beschreibung von Umwelten
- Abb. 57: Die drei Dimensionen der Gefühle
- Abb. 58: Farbwertung
- Abb. 59: Farbkreis mit Farbwirkung
- Abb. 60: Farbwirkungen
- Abb. 61: Deckengestaltung in der Pädiatrie von Armstrong World Industries
- Abb. 62: Welches Blau?
- Abb. 63: Flächenfarben im Raum
- Abb. 64: Leichtbau-Hohlkammer-Akustikdecke
- Abb. 65: Wellenlängen des sichtbaren Lichts
- Abb. 66: Verschiedene Lampenarten
- Abb. 67: Farbprojektoren erzielen farbige Schatten

- Abb. 68: Anforderungen an die Beleuchtung einzelner klinischer Räume
- Abb. 69: Pre-flight check-in, children´s clinic
- Abb. 70: Praxis für Radiologie, Siegen, 1993
- Abb. 71: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Passau, 1992
- Abb. 72: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Passau, 1992
- Abb. 73: Wartebereich in der Pädiatrie, Health ParkFlorida, Ft. Meyers, Florida
- Abb. 74: Praxis für Radiologie, Kaiserslautern, 1993
- Abb. 75: Wartebereich mit Ausblick und zeitgenössischer Kunst: Praxis für Radiologie, Siegen, 1993
- Abb. 76: Corridor with architectural detaillling of ceiling, design: Jain Malkin Inc.
- Abb. 77: Praxis für Orthopädie und Physik, München, 1992
- Abb. 78: Praxis für Allgemeinmedizin, Basel, 1985
- Abb. 79: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Umkleidekabine
- Abb. 80: Praxis für Radiologie, Siegen, 1993
- Abb. 81: Praxis für Radiologie, Siegen, 1993
- Abb. 82: MRI Clinic, Harvard, Jolly, Marcet & Associates
- Abb. 83: MRI Clinic, Harvard, Jolly, Marcet & Associates
- Abb. 84: Deckengestaltung und natürliche Belichtung, Computertomograph in einer Praxis für Radiologie, Siegen, 1993
- Abb. 85: Praxis für Radiologie, Siegen, Deckengestaltung und natürliche Belichtung im MRT-Raum, 1993
- Abb. 86: Sanitärraum in einer Praxis für Allgemeinmedizin, Basel, 1985
- Abb. 87: Patiententoilette in einer Praxis für Radiologie, Siegen, 1993
- Abb. 88: Aufenthaltsraum in einer Praxis für Orthopädie und Chirurgie, Basel, 1990
- Abb. 89: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Grundriß Strahlentherapie-Bereich
- Abb. 90: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Anmeldung mit Tageslichtbeleuchtung
- Abb. 91: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Raum für Bestrahlungsplanung mit meterdicken Wänden des ehemaligen Bunkers
- Abb. 92: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Werkstatt für Bleiklötze
- Abb. 93: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Schaltraum
- Abb. 94: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Schaltraum mit Ausblick auf den Wartebereich und indirekter Tageslichtbeleuchtung
- Abb. 95: Kantonsspital Aarau, Strahlentherapie, Informationstafel „Unser Beitrag zur Qualitätssicherung in der Strahlentherapie“
- Abb. 96: Kantonsspital Aarau, beim täglichen Rapport im Bibliothekszimmer
- Abb. 97: Heutige Technik: Simulator für die Strahlentherapie SLS von Philips
- Abb. 98: Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, Strahlentherapie, Simulator mit Bleiglasfenster
- Abb. 99: Einrichten des Patienten auf der Liege mit Hilfe von Laserstrahlen
- Abb. 100: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Wartebereich mit natürlicher Beleuchtung, Kinderwartebereich und Sanitärräumen

- Abb. 101: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Umkleidekabinen mit natürlicher Beleuchtung
- Abb. 102: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Vorbereitung des Linearbeschleunigers für den nächsten Patienten, rechts im Hintergrund ein Bleisattel
- Abb. 103: Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Raum für Hyperthermie
- Abb. 104: Strahlentherapie in Mt. Sinai Medical Center, New York
- Abb. 105: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Strahlentherapie, alter Linearbeschleuniger
- Abb. 106: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Strahlentherapie, der "Ziegenpeter" beim alten Linearbeschleuniger
- Abb. 107: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Linearbeschleuniger
- Abb. 108: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Strahlentherapie, Zugangslabyrinth zum neuen Linearbeschleuniger (im Bau)
- Abb. 109: Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Strahlentherapie, Linearbeschleuniger mit Tageslicht
- Abb. 110: Kantonsspital Aarau, Grundriß der Abteilung für Strahlentherapie
- Abb. 111: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Grundriß Strahlentherapie-Bereich mit Planung eines Lichthofs
- Abb. 112: Kantonsspital Aarau, Strahlentherapie, Vogelperspektive mit Strahlenschutzwand
- Abb. 113: Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Strahlentherapie, einer der Maschendrahtzäune um den Gefahrenbereich
- Abb. 114: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 19.07.1996, Strahlentherapie, Deckengestaltung neuer Linearbeschleuniger
- Abb. 115: Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, Strahlentherapie, Zugangslabyrinth mit Möblierung
- Abb. 116: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Raummöblierung beim Linearbeschleuniger
- Abb. 117: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Linearbeschleuniger
- Abb. 118: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Linearbeschleuniger
- Abb. 119: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 19.07.1996, Strahlentherapie, Möblierung im Raum des neuen Linearbeschleunigers
- Abb. 120: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Zugangslabyrinth mit Gemälde
- Abb. 121: Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Strahlentherapie, veränderliche Kunst durch Strahlung
- Abb. 122: Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Strahlentherapie, veränderliche Kunst durch Strahlung
- Abb. 123: Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Strahlentherapie, veränderliche Kunst durch Strahlung
- Abb. 124: Einfacher Grundriß eines Raumes für Lithotripsie
- Abb. 125: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Urologie, Anmeldung
- Abb. 126: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Urologie, Wartebereich
- Abb. 127: Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Urologie, Stoßwellenquelle
- Abb. 128: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Urologie, Schaltraum mit Jalousie (günstig für Intimsphäre des Patienten)

- Abb. 129: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Schaltbereich für Röntgenortung
- Abb. 130: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Urologie, Blickrichtung des liegenden Patienten
- Abb. 131: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Urologie, enge räumliche Situation, vorne der Stuhl dient als Umkleidemöglichkeit
- Abb. 132: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Urologie, Möblierung des Raums für ESWL
- Abb. 133: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Lithotripter mit Postern, links hinten Technikschränke
- Abb. 134: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Grundriß MRT-Bereich
- Abb. 135: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Dresden-Strehlen, 12.10.96, Anmeldebereich
- Abb. 136: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Dresden-Strehlen, 12.10.96, Wartebereich MRT
- Abb. 137: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Dresden-Strehlen, 12.10.96, Zwischenwartebereich MRT
- Abb. 138: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, MRT, Wartebereich mit Anmeldung, Sanitär- und Personalräume
- Abb. 139: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, MRT, Wartebereich mit Umkleiden
- Abb. 140: Universitätsklinikum Dresden, 27.09.1996, MRT (in der Einführungsphase), Umkleide
- Abb. 141: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, MRT, der Doktor holt den Patienten ab
- Abb. 142: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, MRT, mit Deckenoberlicht
- Abb. 143: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, MRT, Schaltplatz
- Abb. 144: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, MRT-Raum mit medizinischen Utensilien
- Abb. 145: Computertomographie in Scripps Memorial Hospital, La Jolla, California
- Abb. 146: Universitätsklinikum Dresden, 13.08.1996, MRT-Raum mit HF-Abschirmung und Deckenöffnung
- Abb. 147: Universitätsklinikum Dresden, 13.08.1996, Anlieferung des Magneten
- Abb. 148: Universitätsklinikum Dresden, 27.09.1996, MRT (in der Einführungsphase) mit Schließfächern
- Abb. 149: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Schaltbereich Simulator

Abkürzungsverzeichnis

Bq	Ein Bequerel (Bq) beschreibt die Radioaktivität und liegt vor, wenn in einer Sekunde ein Atomkern zerfällt.
CT	(Röntgen-) Computertomograph
ESWL	elektrohydraulische bzw. extrakorporale Stoßwellen-Lithotripsie
kV	Kilo-Elektronen-Volt
MeV	Millionen-Elektronen-Volt
MRT	Magnetresonanztomograph
mSv(Milli)	Sievert (mSv) beschreibt die Strahlendosis, die auf den Menschen wirkt.
mT	(Milli) Tesla [Vs/m^2] ist die Einheit der magnetischen Induktion und beschreibt die Flußdichte, die magnetische Feldstärke beschreibt sich durch Stromstärke I [A] je Meter [m].

0 Einleitung

Seitdem medizinische Großgeräte in Krankenhäusern zum Einsatz kommen, werden die *Räume* und deren *Ausstattung* von Technikern¹, Mediziner und Architekten geplant. Ebenso wurden die *Geräte* bisher nur nach rein funktionellen Gedanken konzipiert. Heute werden die Geräte auch mit dem Ziel gestaltet, ergonomische Anforderungen des Bedienpersonal zu berücksichtigen und die Gerätetechnik für den Patienten zu verdecken. Trotzdem verursachen die Geräte durch ihre Größe ein gewisses Unbehagen, was dadurch verstärkt wird, daß die Patienten mit dem Gerät eine geraume Zeit alleine verbringen.

Gerade weil die Gerätemedizin die Gefahr birgt, den Kontakt zwischen Personal und Patient noch mehr als in anderen medizinischen Bereichen zu verlieren, muß des Wohlbefinden von Personal und Patient bei der Planung von Räumen für medizinische Großgeräte für alle Beteiligten in den Vordergrund rücken. Für den Aufgabenbereich des Architekten, die Planung der baulichen Hülle, ergibt sich die Notwendigkeit, sich zielorientiert dem Personal und dem Patienten zuzuwenden, deren Wohlbefinden sich wechselseitig positiv beeinflußt.

Voraussetzung dafür ist, daß er sich ein *Problembewußtsein* erarbeitet und so die Belange von Personal und Patient in der Planung der baulichen Hülle medizinischer Großgeräte berücksichtigt. Allerdings ist die Stellung des Architekten im Planungsprozeß bisher von untergeordneter Bedeutung aufgrund schlechter technischer Ausbildung und mangelnder Spezialisierungsmöglichkeiten im Studium.

Deshalb wird in dieser Arbeit zunächst grundsätzliches Wissen über Strahlenphysik und Strahlenschutz vermittelt. Daran schließt sich eine ausführliche Beschreibung der Wirkungsweise, Anwendungsmöglichkeiten und entsprechenden Strahlenschutzmaßnahmen aller medizinischer Großgeräte an. Um die bauliche Hülle von medizinischen Großgeräten bewerten zu könne, werden im darauffolgenden Kapitel zwei Verfahren der Psychologie zur Beurteilung von Umwelten vorgestellt. Diese werden dann auf Gestaltungsmittel und die einzelnen Gestaltungsräume angewandt. Anschließend werden im eigentlichen Hauptteil der Arbeit vorhandene gebaute Beispiele ausgewählter Spezialbereiche (Strahlentherapie, Lithotripsie und Kernspintomographie) analysiert und davon Lösungsansätze für künftige Planungen von Untersuchungs- und Behandlungsräumen abgeleitet. In einem kurzen Ausblick werden Entwicklungsmöglichkeiten und Chancen von virtuellen Realitäten genannt. Der modulare Aufbau der Arbeit ermöglicht es, einzelne Kapitel vertiefend zu lesen oder spezielle Fragen bei Bedarf nachzulesen. Die Kapitel zu technischen Spezialwissen können also überflogen werden.

Die Arbeit verzichtet auf eine ausführliche der geschichtlichen Entwicklung der einzelnen Techniken und Geräte, um den Platz zu nutzen, den jetzigen Stand der Technik und Gestaltung aufzuzeigen. Auch wurde bewußt die Gestaltung von Räumen der Pädiatrie ausgeklammert, da sich die Ansprüche eines erwachsenen Patienten nicht auf Kinder übertragen lassen. Für die Pädiatrie müssen vielmehr die spezifischen Bedürfnisse von Kindern berücksichtigt werden, die sich nicht durch einfache Modifikation von Konzepten für Erwachsene befriedigen lassen. Die Analyse von pädiatrischen Räumen sollte deshalb in einer eigenen Arbeit erfolgen.

¹ Auf einen kleinen, dennoch wichtigen Aspekt soll noch hingewiesen werden: die Verwendung der Begriffe *der Patient*, *der Arzt*, *die Assistentin*, *der Techniker* und dergleichen soll jeweils beide Geschlechter einschließen.

1 Grundlagen der Strahlenphysik

Um als Architekt mit den verschiedenen Experten, die an der Planung von Einrichtungen für medizinische Großgeräte beteiligt sind, zusammenarbeiten zu können, sind einige Grundlagen zur Strahlenphysik notwendig. In diesem ersten Kapitel werden Strahlungsarten und deren wesentliche Eigenschaften erläutert.

1.1 Was sind Strahlen?

Unter Strahlen versteht man einen Energie- oder Teilchenstrom, der ausgehend von einer Quelle durch den Raum oder ein materielles Medium gesandt wird. Beispiele: Sonnenstrahlung und Schallwellen.²

Wenn nicht näher erläutert, bezieht sich der Begriff Strahlung im allgemeinen³

- auf elektromagnetische Strahlung, die durch die *Frequenz* oder den *Ursprung* charakterisiert ist, wie z. B. Hochfrequenzstrahlung, Infrarotstrahlung, sichtbares Licht, Ultraviolettstrahlung, Röntgenstrahlung, Gammastrahlung
- auf Korpuskularstrahlung, die durch die *Art der Teilchen* (= Korpuskeln) oder den *Ursprung* charakterisiert ist, wie z. B. Alphastrahlung, Betastrahlung, Elektronenstrahlung, Neutronenstrahlung

Schall benötigt zur *Übertragung* ein stoffliches Medium, wie Gas, Flüssigkeit oder einen festen Körper. Elektromagnetische Wellen übertragen Funk- und Fernsehprogramme, Telefonsignale und Radar. Mikrowellen erwärmen Lebensmittel, ultraviolettes Licht bräunt Haut, infrarote Strahlung wirkt heilend und Röntgenstrahlen durchleuchten den menschlichen Körper.⁴ Eines haben all diese Strahlungsarten gemeinsam: sie können nicht mit den Sinnesorganen wahrgenommen werden, erst bei großer Intensität, wenn Wärme entsteht oder Gesundheitsschäden hervorgerufen werden.

In der Medizin finden im wesentlichen Schallwellen, elektromagnetische Strahlen, Röntgenstrahlen und radioaktive Strahlen eine Anwendung. Die beiden letzten Strahlungsarten wirken *ionisierend*, haben also die *Eigenschaft, Materie in einen elektrisch geladenen Zustand zu versetzen*. Diese ionisierende Strahlung entsteht beim Zerfall von Atomkernen.⁵

1.2 Arten von Strahlung

1.2.1 Ionisierende Strahlung

1.2.1.1 Röntgenstrahlung

Röntgenstrahlen werden in einer Vakuumröhre erzeugt: In dem elektrischen Feld zwischen einer elektrisch geladenen Anode und einer geladenen Kathode werden die an der Kathode austretende Elektronen auf die Anode beschleunigt. Beim Auftreffen auf eine in der Anode befindlichen Anti-

² Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 5; vgl. auch: DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 6

³ Vgl. DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 6

⁴ Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 6 f.

⁵ Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 6

kathode tritt aus einer Öffnung Photonenstrahlung aus. Diese wird Röntgenstrahlung genannt.⁶ Die potentielle Energie eines solchen Elektrons wandelt sich während des Beschleunigungsweges in kinetische Energie um: es wird zu etwa 99% in Wärme und zu etwa 1 % in Röntgenstrahlungsenergie umgesetzt.⁷

Unterschieden wird dabei zwischen der Röntgen-Bremsstrahlung, die durch das Abbremsen eines Elektrons im elektrischen Feld des Atomkerns erzeugt wird, und der Röntgenfluoreszenzstrahlung, die in der Atomhülle angeregt wird.⁸ Röntgenstrahlung ist elektromagnetische Strahlung mit Schwingungen, die sich von den Lichtstrahlen durch sehr kurze Wellenlängen unterscheiden. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit ist bei allen elektromagnetischen Schwingungen gleich 300 000 km/s.⁹

In der Röntgentechnik werden die Strahlen, die den zu untersuchenden Körper durchdrungen haben, z. B. mit einem Luminiszenzschirm aufgefangen, in Lichtstrahlen umgewandelt und als fotografisches Bild des Körperinneren dargestellt.¹⁰

1.2.1.2 Radioaktive Strahlung und Gammastrahlung

Radioaktivität ist die Eigenschaft bestimmter Atomkerne, sich spontan, d. h. ohne äußere Einwirkung, in andere Kerne¹¹ umzuwandeln und dabei Photonen und materielle Teilchen, beide kurz Strahlenteilchen genannt, auszustoßen. Diese ionisierende Strahlung emittierenden radioaktiven Atome werden Radionuklide genannt.¹² Diese spontane Umwandlung basiert auf dem Bestreben der Atomkerne, von einem weniger stabilen Zustand in einen stabileren Zustand oder von einem metastabilen Zustand in einen energetisch niedrigeren Zustand überzugehen.¹³

• Arten der radioaktiven Strahlung

Bei der Umwandlung schwerer Atomkerne wird zumeist *Alphastrahlung* freigesetzt (Alphazerfall). Alphastrahlen sind Atomkerne des Elements Helium, haben eine *geringe Reichweite* und können nicht einmal ein Blatt Papier durchdringen. Leichtere Kerne emittieren bei radioaktiven Prozessen Betateilchen, deren Ladung negativ oder positiv sein kann (Betazerfall). Die Reichweite dieser *Betastrahlung* beträgt *wenige Meter*, sie können Kunststoff oder Aluminium wenige Zentimeter durchdringen.¹⁴

Nach der radioaktiven Umwandlung befindet sich der Atomkern in einem instabilen energetisch angeregten Zustand. Aus diesem kann er durch Emission einer oder mehrerer Photonen (Gammaquanten) in den Grundzustand des Folgekerns übergehen. Auf den primären Alpha- oder Beta-

⁶ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 21; vgl. auch: LAUBENBERGER, T. (1990), S. 35

⁷ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 61

⁸ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 21

⁹ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 35; vgl. auch: KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 70

¹⁰ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 70

¹¹ VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 12: „Da die Emission von Alpha- und Betateilchen mit einer Änderung der Protonenzahl Z im Kern verbunden ist, führt die Emission dieser Teilchen stets zu einer Kernumwandlung, d. h. zu einem neuen Kern eines anderen chemischen Elements.“

¹² Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 9; vgl. auch: DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 14; vgl. auch: VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 9

¹³ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 9

¹⁴ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 9 f.; vgl. auch: BFS (HRSG.) (1993a), S. 10

zerfall folgt also eine Gammaemission bzw. eine Kette von mehreren Gammaemissionen.¹⁵ Diese elektromagnetischen *Gammastrahlen* sind von gleicher Natur wie das sichtbare Licht und die Radiowellen. Sie sind extrem kurzwellig und energiereich, bewegen sich mit Lichtgeschwindigkeit und haben ein *sehr hohes Durchdringungsvermögen*. Sie unterscheiden sich von Röntgenstrahlen nur durch die Art ihrer Entstehung. Je nach Energie und Material können sie nur durch zentimeterdicke Bleiwände oder meterdicke Betonmauern wirksam abgeschwächt werden.¹⁶

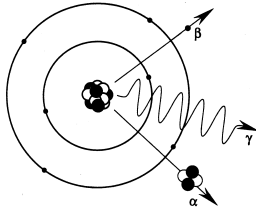


Abb. 1: Schematische Darstellung der Strahlungsemission aus dem Atomkern
(Quelle: VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 9)

Jeder Atomkern kann einen bestimmten radioaktiven Umwandlungsprozeß nur einmal erfahren. Deshalb nimmt die Anzahl der radioaktiven Prozesse in einer Substanz mit der Häufigkeit der Kernprozesse ab.¹⁷ Dadurch nimmt die radioaktive Strahlung einer Substanz im Lauf der Zeit ab. Die Halbwertszeit beschreibt das Zeitintervall, in dem die Aktivität¹⁸ des Radionuklids bezogen auf den Ausgangswert um die Hälfte abnimmt.¹⁹ Ionisierende Strahlung radioaktiver Substanzen kann durch einen Geiger-Müller-Zähler festgestellt werden: Dabei wird das in einem Rohr befindliche Gas ionisiert, also in einen geladenen Zustand versetzt. Die dadurch ausgelösten Spannungsimpulse können über einen Zählerdraht gemessen werden.²⁰

• Umschlossene und offene Strahlungsquellen

Die Strahlenschutzverordnung unterscheidet bei radioaktiven Strahlungsquellen zwischen umschlossenen und offenen radioaktiven Stoffen. (StrlSchV-89).

„Umschlossene radioaktive Stoffe sind gasförmige, flüssige oder feste Substanzen, die von einer strahlungsdurchlässigen, gegenüber dem Stoffaustritt jedoch allseits dichten, inaktiven Hülle umgeben sind, die der übliche betriebsmäßigen Beanspruchung standhält. (...) Offene radioaktive Stoffe sind alle übrigen radioaktiven Stoffe ohne ausreichende Schutzhülle.“²¹

¹⁵ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 10

¹⁶ Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 10

¹⁷ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 14

¹⁸ Vgl. DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 23: Unter Aktivität versteht man eine quantitative Kennzeichnung der Radioaktivität einer Substanz, dessen Atomkerne sich zu einer bestimmten Zeit in einem speziellen Energiezustand befinden.

¹⁹ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 14; vgl. auch: BFS (HRSG.) (1993a), S. 10; vgl. auch: DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 24

²⁰ Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 11

²¹ VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 20

• Maßeinheiten der Radioaktivität

Ein Becquerel (Bq) beschreibt die Radioaktivität und liegt vor, wenn in einer Sekunde ein Atomkern zerfällt. Ein Sievert (Sv) beschreibt die Strahlendosis, die auf den Menschen wirkt. Die durchschnittliche Radioaktivität von Lebensmitteln liegt bei 40 Becquerel pro Kilogramm, die mittlere Strahlendosis durch die natürliche Strahlung beträgt jedes Jahr 2,4 Millisievert (mSv). Zu den 2,4 mSv kommen etwa 1,5 mSv durch die sogenannte zivilisatorische Belastung hinzu, die fast vollständig durch die Anwendung ionisierender Strahlung und radioaktiver Stoffe in der medizinischen Diagnostik durch durchschnittlich zwei Röntgenuntersuchungen pro Person und Jahr entsteht.²²

1.2.2 Nichtionisierende Strahlung

Neben der ionisierenden Strahlung kommen in der Medizin auch einige nichtionisierende Strahlungsarten zur Anwendung:

Schallwellen sind die Basis unserer Kommunikation, können jedoch auch Schaden verursachen, wenn sie zu stark sind. Dabei könne sie nicht nur als Stressoren wirken, sondern auch zu bleibenden Schäden mit Verlust des Gehörs führen. In der Medizin können sie zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken genutzt werden.

Infrarotstrahlung, eine langwellige Strahlung, erwärmt den Körper. Der medizinische Einsatz erfolgt zum Beispiel für Muskelverspannungen und Entzündungen. Beim Einsatz müssen jedoch die Augen geschützt werden, da sonst eine Trübung der Linse hervorgerufen werden kann. Zu lange Aussetzung kann mit Rötungen, Hautverbrennungen oder chronischen Hautveränderungen folgen.²³

Radio- und Mikrowellen spielen in der Funk- und Nachrichtentechnik eine Rolle. Sie wirken auf den menschlichen Körper mit einer nicht spürbaren Erwärmung der Körperteile. Deshalb wurden bereits internationale Richtlinien für den Arbeitsschutz herausgegeben, die einen Ganzkörper-Grenzwert von 0,4 Watt pro Kilogramm Körper festlegen.²⁴ Hochfrequenzimpulse werden bei der Diagnose mit dem Kernspintomographen angewendet.

„Wenn *elektrische Felder* auf leitfähige Gegenstände einwirken, treten dort elektrische Ströme auf. Entsprechend hohe Feldstärken führen zu wahrnehmbaren Effekten wie Bewegung von Körperhaaren oder Bildung von Funken zwischen Haut und Kleidung. Daneben gibt es eine Reihe indirekter, mittelbarer Feldwirkungen. Sie reichen vom harmlosen Ladungsausgleich bis hin zu gefährlichen Ableitströmen. So können beim Annähern an leitfähige Gegenstände in einem elektrischen Feld oder beim Berühren derselben Entladungsströme durch den Körper fließen. Diese sind lästig, aber nicht gesundheitsgefährdend.“²⁵

Magnetische Felder entstehen bei der Bewegung einer elektrischen Ladung. Die Feldstärken erzeugen im menschlichen Körper sehr schwache elektrische Ströme, die viel kleiner sind als die kör-

²² Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 12 ff.

²³ Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 27

²⁴ Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 31

²⁵ BFS (HRSG.) (1993a), S. 33

pereigenen Ströme aufgrund der Herz- und Gehirntätigkeit.²⁶ Magnetische Felder bilden die Grundlage der Diagnose mit dem Kernspintomographen.

2 Grundlagen des Strahlenschutzes

Im ersten Kapitel ging es um die verschiedenen Strahlenarten und ihre Wirkungsweise. Bevor im 3. Kapitel die Anwendung der Strahlen in verschiedenen medizinischen Großgeräten beschrieben wird, soll das 2. Kapitel einen Exkurs in den notwendigen Strahlenschutz darstellen.

2.1 Aufgaben und Ziele des Strahlenschutzes

Aufgrund der zunehmenden Anwendung von ionisierender Strahlung sind in vielen Ländern entsprechende Gesetze und Verordnungen zum Schutz gegen Gefahren durch ionisierende Strahlung erlassen worden. Die Gefahr der ionisierenden Strahlung besteht darin, *daß die Energie der Strahlen wichtige Bausteine lebender Zellen verändern oder zerstören kann.*²⁷

Grundlage dieser Regelungen sind die Empfehlungen der *internationalen Strahlenschutzkommission* ICRP. Die Vorschriften in den einzelnen Ländern regeln den Schutz der Bevölkerung und des Personals bei der friedlichen Anwendung von Kernenergie, Radioaktivität und ionisierender Strahlung.²⁸ Dabei unterscheiden sich durchaus voneinander. Grundsätzlich haben sie jedoch einige wesentliche Ziele:²⁹

Insbesondere sollen durch die Strahlenschutzregelungen einerseits „die mit Strahlungsquellen umgehenden Personen und ungeborenes Leben ausreichend gegen kurzfristige und langfristige somatische Strahlenschäden“³⁰ durch externe oder interne Bestrahlung³¹ geschützt werden. Andererseits wird durch sie eine „bedenkliche Zunahme der Häufigkeit von Mutationen des Erbguts der Gesamtbevölkerung infolge von Strahlenanwendung“ verhütet. Deshalb ist das Hauptziel der Regelungen, unnötige Strahlenschutzexpositionen zu vermeiden, nur nutzbringende Anwendungen zu erlauben und diese auch soweit wie möglich zu begrenzen.³²

2.2 Rechtsvorschriften im Strahlenschutz

Auf der Grundlage des Atomgesetzes (AtG-85) wurde die „Verordnung über den Schutz vor Schäden durch ionisierende Strahlen“ (Strahlenschutzverordnung = StrlSchV-89) erlassen. Diese regelt den *Umgang mit radioaktiven Stoffen und Anlagen zur Erzeugung ionisierender Strahlung* (z. B. Kernreaktoren, Beschleuniger). In der StrlSchV sind *Röntgeneinrichtungen* und *Störstrahler* nicht erfaßt, deren Betrieb in der „Verordnung über den Schutz vor Schäden durch Röntgenstrahlen“ (Röntgenverordnung = RöV-87) besonders geregelt ist.³³

²⁶ Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 33

²⁷ Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 16

²⁸ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 201; vgl. auch: WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 72

²⁹ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 201

³⁰ VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 201; vgl. auch: WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 60

³¹ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 155; vgl. auch: BAUDISCH, E. (HRSG.) (1978), S. 60

³² Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 201

³³ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 203 f.

Die Rechtsvorschriften orientieren sich an den unterschiedlichen Tätigkeiten, Verantwortlichkeiten und der möglichen Strahlengefährdung verschiedener Personengruppen. Für jede Gruppe gelten maximale Grenzwerte für die Körperdosen im Kalenderjahr.³⁴

„Nach den in der Bundesrepublik Deutschland geltenden Rechtsvorschriften hat der *Strahlenschutzverantwortliche* zur Gewährleistung des notwendigen Strahlenschutzes grundsätzlich außer den mit Genehmigung und gegebenenfalls Bauartzulassung verbundenen Überwachungspflichten insbesondere die in § 31 StrlSchV bzw. § 13 RöV angegebenen Schutzvorschriften zu erfüllen. Dazu gehören die Bereitstellung geeigneter Räume, Schutzvorrichtungen, Geräte und Schutzausrüstungen für Personen, die geeignete Regelung des Betriebsablaufs sowie die Bereitstellung ausreichenden und geeigneten Personals und erforderlichenfalls auch die Außerbetriebsetzung der betroffenen Anlage. Ferner hat er dafür zu sorgen, daß die unten aufgeführten Schutzvorschriften von StrlSchV bzw. RöV und insbesondere die im folgenden (verkürzt) wiedergegebenen *Strahlenschutzgrundsätze* (§ 28 StrlSchV, § 15 RöV) eingehalten werden, die jeweils auf Menschen, Sachgüter und Umwelt zu beziehen sind:

- Jede unnötige Strahlenexposition oder Kontamination zu vermeiden
- Jeder Strahlenexposition oder Kontamination ist auch unterhalb der festgelegten Grenzwerte so gering wie möglich zu halten.“³⁵

Außerdem wird die individuelle innere und äußere Strahlenbelastung sowie die Anzahl der strahlenbelasteten Personen durch folgende weitere *Grundsätze* begrenzt:³⁶

- Verwendung von Strahlungsquellen mit kleiner Quellstärke
- Beschränkung der Aufenthaltsdauer im Strahlungsfeld auf kurze Zeiten
- Einhaltung großer Abstände von den Strahlungsquellen
- Verwendung technischer und baulicher Schutzmaßnahmen (Abschirmwände)
- vorhandene sinnvolle Technologie und Arbeitsorganisation
- Einsatz von Überwachungs- und Warneinrichtungen

Da die Strahlungsintensität mit dem Quadrat der Entfernung von der Strahlenquelle abnimmt, kann das Einhalten eines möglichst großen Abstandes von der Strahlenquelle als *Grundverhaltensregel* im Strahlenschutz angesehen werden. Außerdem sind die *Arbeitsschnelligkeit* und damit die *Arbeitsplanung*, sowie die *Abschirmungsmöglichkeiten*, auch durch Schutzkleidung, von wesentlicher Bedeutung.³⁷

³⁴ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 204 ff.

³⁵ VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 259

³⁶ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 155; vgl. auch: BAUDISCH, E. (HRSG.) (1978), S. 60; vgl. auch: WIL-
LICH, E. (HRSG.) (1988), S. 69f.

³⁷ Vgl. WILICH, E. (HRSG.) (1988), S. 85

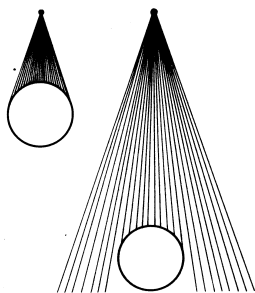


Abb. 2: Modell zur Erklärung des Abstandsgesetzes einer punktförmigen Strahlenquelle
(Quelle: LAUBENBERGER, T. (1990), S. 117)

Neben der Strahlenabschirmung gibt es die Möglichkeit, durch Einnahme von *Medikamenten* die Wirkungen durch Bestrahlung zu vermindern. Durch die Medikamente kann ein schnelleres Entfernen der zum Beispiel inkorporierten radioaktiven Stoffe aus dem Körper bewirkt werden. Diese Wirkung ist allerdings sehr beschränkt.³⁸

2.3 Baulicher Strahlenschutz - Bereiche im Strahlenschutz

Zur Einhaltung der für die verschiedenen Personengruppen festgelegten *Dosisgrenzwerte* sieht die StrlSchV verschiedene *Schutzbereiche* vor: Je nach Gefährdung wird zwischen Sperrbereichen, Kontrollbereichen, betrieblichen und außerbetrieblichen Überwachungsbereichen unterschieden. (§§ 57-60 StrlSchV) Die RöV legt lediglich Kontrollbereiche und betriebliche Überwachungsbereiche fest. (§ 19 RöV) In diesen Bereichen darf die vorgeschriebene maximale Strahlung nicht überschritten werden.³⁹ Sehr wichtig ist wegen der unterschiedlichen Maximalwerte die deutliche Kennzeichnung der Grenze zwischen Sperr- und Kontrollbereich.⁴⁰

Der Kontrollbereich ist nur für Personen zugänglich, die dort tätig werden müssen und einer regelmäßigen Kontrolle der Körperdosen aus *Ganzkörperexposition* und ärztliche Überwachung unterliegen.⁴¹ Die Schutzzone innerhalb des Kontrollbereiches, in der sich während der Bestrahlung Personen aufhalten, ist durch baulichen Strahlenschutz oder durch Abstand so geschützt, daß der Strahlungspegel dort niedriger ist als im ganzen Bereich.⁴²

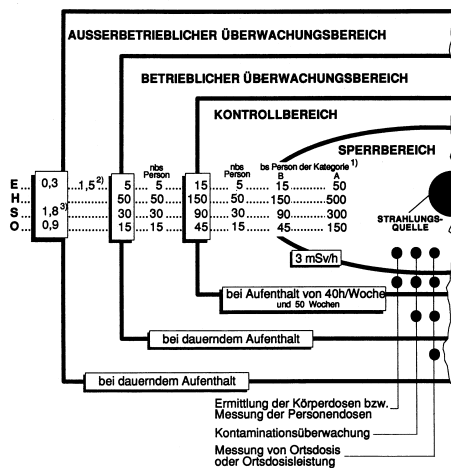
³⁸ Vgl. WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 78

³⁹ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 207; vgl. auch: DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 108

⁴⁰ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 211; vgl. auch: WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 75; vgl. auch: BAU-DISCH, E. (HRSG.) (1978), S. 60f.

⁴¹ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 207, 212; vgl. auch: WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 74

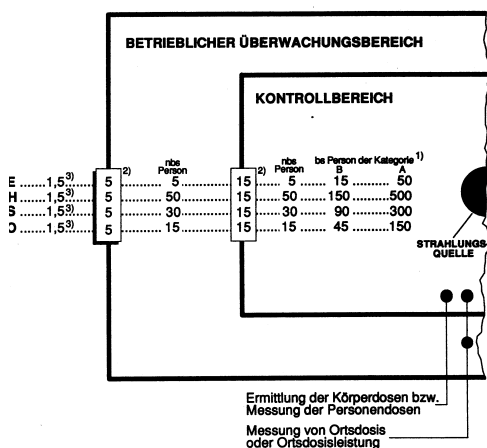
⁴² Vgl. DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 108; vgl. auch: VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 211 f.



- ¹⁾ in 3 aufeinanderfolgenden Monaten: 1/2 der Jahreswerte
 Person unter 18 Jahren: 1/10 der Kategorie A-Werte
 gebärfähige Frau: 5 mSv an der Gebärmutter im Monat
 Lebensarbeitszeitdosis: 400 mSv
²⁾ effektive Dosis in Einzelfällen bis 5 mSv
³⁾ außer Schilddrüse

E effektive Dosis, Teilkörperdosis für Keimdrüsen, rotes Knochenmark, Gebärmutter
 H Teilkörperdosis für Hände, Unterarme, Füße, Knöchel, Unterschenkel einschließlich zugehöriger Haut
 S Teilkörperdosis für Schilddrüse, Knochenoberfläche, Haut
 O Teilkörperdosis für andere Organe und Gewebe
 bs beruflich strahlenexponiert
 nbs nicht beruflich strahlenexponiert

Abb. 3: Strahlenschutzbereiche, Dosisgrenzwerte und Überwachungsmaßnahmen gemäß StrlSchV
 (Quelle: VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 208)



- ¹⁾ in 3 aufeinanderfolgenden Monaten: 1/2 der Jahreswerte
 Person unter 18 Jahren: 1/10 der Kategorie A-Werte
 gebärfähige Frau: 5 mSv an der Gebärmutter im Monat
 Lebensarbeitszeitdosis: 400 mSv
²⁾ aus Ganzkörperexposition
³⁾ aus Ganzkörperexposition; in Einzelfällen bis 5 mSv

E effektive Dosis, Teilkörperdosis für Keimdrüsen, rotes Knochenmark, Gebärmutter
 H Teilkörperdosis für Hände, Unterarme, Füße, Knöchel, Unterschenkel einschließlich zugehöriger Haut
 S Teilkörperdosis für Schilddrüse, Knochenoberfläche, Haut
 O Teilkörperdosis für andere Organe und Gewebe
 bs beruflich strahlenexponiert
 nbs nicht beruflich strahlenexponiert

Abb. 4: Strahlenschutzbereiche, Dosisgrenzwerte und Überwachungsmaßnahmen gemäß RöV
 (Quelle: VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 209)

2.4 Baulicher Strahlenschutz - Abschirmung

Direkt ionisierende Strahlung wie Alpha- und Betastrahlen können nur in sehr geringe Gewebetiefen eindringen und sind dadurch sehr leicht abzuschirmen.⁴³ Die Reichweite von Alphateilchen beträgt in Luft nur wenige cm. Für Alphateilchen genügt schon eine dünne Kunststoff- oder Hornhautschicht, um sie abzuschirmen. Eine Gefährdung durch diese Strahlung ist daher praktisch nur bei Kontamination der Körperoberfläche oder bei Inkorporation möglich, so daß im praktischen Strahlenschutz die Anwendung des Abstandsgesetzes entfällt. Die Reichweite von Betateilchen liegt zwischen etwa 10 cm und mehreren Metern, so daß eine Abschirmung notwendig wird. Betastrahlung kann erfolgreich mit leichten Materialien wie Acrylglas und die noch entstehende Bremsstrahlung durch eine dünne Bleischicht abgeschirmt werden.⁴⁴

Röntgen- und Gammastrahlung sowie Neutronen versetzen die durchstrahlte Materie nicht selbst in einen elektrisch geladenen Zustand. Die Auslösung von energiereichen, direkt ionisierenden Teilchen wie Elektronen und Protonen hat eine *indirekte Ionisierung* zur Folge. Diese indirekt ionisierende Strahlung kann von einer bestimmten Materieschicht nur um einen bestimmten Anteil geschwächt werden, weshalb theoretisch keine absolute Abschirmung möglich ist. Außerdem muß die entstehende Streu- und Sekundärstrahlung beachtet werden.⁴⁵ Für Gammastrahlung werden als Schwächungsmaterialien häufig Wasser, Beton, Barytbeton,⁴⁶ Bleiglas, Eisen, Blei oder Wolframlegierung ausgewählt. Acrylglas, Glas, Aluminium, Beton, Eisen und Blei schwächen Röntgen- bzw. Bremsstrahlung ab. Neutronenstrahlung wird durch Wasserstoff abgeschirmt, da sie bei dem Zusammentreffen mit Wasserstoff besonders viel Energie verliert.⁴⁷ Als Abschirmmaterial eignen sich verschiedene Stoffe mit unterschiedlicher Wirksamkeit:

Röntgenstrahlung [kV] ⁴⁸	Wasser [cm] 1 g/cm³	Beton [cm] 1,8 bis 2,4 g/cm³	Blei [cm] 11,3 g/cm³
50	9	1,7	0,015
100	17	4,8	0,07
300	28	10	0,4
1 000	36	16	1,5
10 000	85	38	6,2
50 000	125	50	4,6

Abb. 5: Abschirmmaterialien für Röntgenstrahlung
(in Anlehnung an: WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 80)

⁴³ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 79

⁴⁴ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 159 ff.

⁴⁵ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 79

⁴⁶ Vgl. ERBE, M. u. a. (1990), S. 434; vgl. auch: HERR, R. (1995), S. 197

⁴⁷ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 165 ff.

⁴⁸ kV = Kilo-Elektronen-Volt

Gammastrahlung [MeV]⁴⁹	Wasser [cm] 1 g/cm³	Beton [cm] 1,8 bis 2,4 g/cm³	Blei [cm] 11,3 g/cm³
0,035	8	1,5	0,015
0,080	23	10	0,1
0,140	33	14	0,1
0,270 bis 0,320	35	15	0,7
0,360 bis 0,420	36	16	1,1
0,660	40	18	2,0
1,100 bis 1,330	50	22	4,4
1,760	60	25	4,7

Abb. 6: Abschirmmaterialien für Gammastrahlung
(in Anlehnung an: WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 80)

Die *bauliche Abschirmung* von Röntgenanlagen zur Einhaltung der höchstzulässigen Personendosen bezieht sich nicht nur auf die umgebenden Wände, bei denen bei Vollziegel mit der Dicke 20 cm meist schon ausreicht, sondern auch auf Fenster und Türen. Hierzu werden Bleiglas-Fenster und Türblätter mit Bleiauflagen von bis zu einigen mm Dicke verwendet. Nuklearmedizinische Abteilungen und Bettenstationen für therapeutische Radionuklidanwendung erfordern Abschirmwände aus Beton mit bis zu 50 cm Stärke, Räume in der Strahlentherapie mit Gamma-Bestrahlungsanlagen und Beschleunigern werden im Nutzstrahlungsbereich von bis zu 2 m starkem Beton mit dem Zuschlagstoff Baryt, Gesteinsrohichte von 4,15 kg/dm³, umgeben.⁵⁰

Eine Strahlenschutzwand zwischen Quelle und Arbeitsplatz besteht aus mehreren Schichten geeigneter Abschirmungsmaterialien, die die Strahlung abschwächen.⁵¹ Allerdings müssen die Wechselwirkungen beachtet werden, die beim Durchgang der Strahlung durch Materie auftreten: so gibt es die Möglichkeit „einer Anlagerung oder vollständigen Auslöschung der Strahlungsteilchen (Absorption)“, der Änderung von „Energie und Richtung der Teilchen“ (Streuung) oder die Entstehung „anderer Strahlungsteilchen“. ⁵² Die Verwendung von Abschirmwänden aus verschiedene Materialien reduziert den Anteil der ungestreut die Abschirmung durchstrahlenden Photonen. Die Abschwächung der Streustrahlung kann durch einen möglichst großen Abstand zwischen Quelle und Streufläche sowie durch Wandmaterialien mit geringem Rückstreuvermögen erreicht werden. Außerdem soll das Nutzstrahlenbündel mit Abschirmblenden auf den unbedingt erforderlich Querschnitt begrenzt werden. Sollten diese Maßnahmen noch nicht die erforderlichen Grenzwerte für den Arbeitsplatz erreichen, muß dieser zusätzlich abgeschirmt werden. Das Maß für die Dicke einer Abschirmwand wird grundsätzlich als flächenbezogene Masse angegeben.⁵³

⁴⁹ MeV = Millionen-Elektronen-Volt

⁵⁰ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 81; vgl. auch: ERBE, M. u. a. (1990), S. 434; vgl. auch: HERR, R. (1995), S. 197

⁵¹ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 165 f.; vgl. auch: DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 109

⁵² VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 165 f.

⁵³ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 166 ff.

2.5 Strahlenschutzmittel und Arbeitssicherheit

Wenn die bauliche Abschirmung nicht ausreicht, die erlaubte Ortsdosisleistung am Arbeitsplatz einzuhalten, bzw. wenn das Personal in Bereichen arbeitet, in denen die Strahlung unzulässig hoch ist, werden *Strahlenschutzmittel*, welche die Strahlung schwächen, verwendet.⁵⁴ Darunter versteht man Strahlenschutzzubehör, das die Bestrahlung des Personals einschränkt, wie Strahlenschutzkleidung, Strahlenschutzschürzen bzw. Strahlenschutzrock.⁵⁵

Die *Arbeitssicherheit* gliedert sich in staatliche Vorschriften wie z. B. das Atomgesetz, Röntgen-, Strahlenschutzverordnung und in die Vorschriften der Berufsgenossenschaften. Die Arbeitssicherheit verlangt von großen Unternehmen in Abhängigkeit zur Beschäftigtenanzahl eine oder mehrere Sicherheitsfachkräfte. Diese Sicherheitsfachkraft berät den Unternehmer in Fragen der Unfallverhütungsvorschriften und der Arbeitssicherheit, d. h. des Schutzes der Mitarbeiter vor Gefahren durch die Arbeit. Ihre Verantwortlichkeit beschränkt sich auf die Beratung in allen relevanten Fragen, die Verantwortung liegt beim Unternehmer. Durch diese Regelung hat die Sicherheitsfachkraft eine Weisungsfreiheit in fachlicher Hinsicht und kann dadurch unabhängig von Zwängen beraten.⁵⁶

Die Themen, mit der sich die Sicherheitsfachkraft auseinandersetzt, können bei medizinischen Großgeräten beispielsweise sein: Schutz vor ionisierender Strahlung und sonstiger Strahlung, vor Gasen wie Narkotika, vor Lärm, sowie Schutz vor unzulässig hohen körperlicher Belastungen durch das Heben und Umbetten von Patienten.⁵⁷

⁵⁴ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 213; vgl. auch: DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 108 f.

⁵⁵ Vgl. DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 109

⁵⁶ Vgl. HERGEL (1996)

⁵⁷ Vgl. HERGEL (1996)

2.6 Zusammenfassung ionisierende Strahlung und erforderlicher Strahlenschutz

Ionisierende Strahlung umfaßt					
Korpuskularstrahlung Masseeteilchen		Wellenstrahlung = Teil des elektromagnetischen Strahlungsspektrums (extrem kurzwellig)		Natürliche Radioaktivität	
Alphastrahlung Heliumkern	Betastrahlung Elektronen	Gammastrahlung, auch Photonenstrahlung, Wel- lenlänge ca. 0,0001 nm	Röntgenstrahlung, auch Photonenstrahlung, Wellenlänge ca. 0,01 nm	terre- strische Strahlung	Höhen- strahlung
Alphastrahlung	Betastrahlung	Gammastrahlung	Röntgenstrahlung	terrestr. Strahlg.	Höhen- strahlung
Entsteht bei radioaktiven Zerfallsprozessen natürli- cher und künstlicher Ra- dionuklide; positiv gela- dene Heliumkerne	Entsteht bei radioaktiven Zerfallsprozessen natür- licher und künstlicher Radionuklide; negativ geladene Elektronen oder Positronen	Entsteht hauptsächlich bei radioaktiven Zer- fallsprozessen überwie- gend künstlicher Radio- nuklide	keine radioaktive Strah- lung, erzeugt mit Hoch- spannung in Vakuum- röhren: Kathodenstrah- len (Elektronen) treffen mit hoher Geschwin- digkeit auf Materie	als Gas aus Erd- reich und Quell- wässern	Abbremsung von Welt- raum-Atomen durch Auftref- fen auf obere Luftschicht der Erde
Charakteristika					
hohe Energie, jedoch ge- ringe Durchdringung / Härte	hohe Energie, jedoch relativ geringe Durch- dringung / Härte	extrem hohe Energie und extrem hohe Durchdrin- gung / Härte	variable Durchdringung / Härte wegen variabler Erzeugung, also variable Gefährdung	regional unter- schiedliche Gefähr- dung	in großen Hö- hen meßbare Strahlenbe- lastung
Luft: wenige cm Reich- weite, menschliches Ge- webe: < 1/10 mm	Luft: kleiner 1 m Reich- weite, menschliches Gewebe: einige mm	Luft: mehrere km Reich- weite, menschliches Ge- webe: mehrere dm	menschliches Gewebe: einige mm bis mehrere dm		
Abschirmung					
ein Blatt Papier	ein 5cm dickes Buch	dicke Beton- oder Blei- wände	je nach Durchdringung / Härte		
Gefährdungen					
große Gefahr durch In- halation und Verschluk- ken kontaminierter Nah- rungsmittel	große Gefahr durch In- halation und Verschluk- ken kontaminierter Nah- rungsmittel	große Gefahr durch Schädigung tief im Kör- perinneren gelegener Organe und Gewebe	große Gefahr durch Schädigung tief im Kör- perinneren gelegener Organe und Gewebe		
Medizinische Anwendung					
keine Eignung für medi- zinische Diagnostik und Therapie	Eignung für medizini- sche Therapie, häufig in Verbindung mit Gamma- oder Röntgenstrahlung; Nuklearmedizin	gute Eignung für medi- zinische Diagnostik und sehr gute für medizini- sche Therapie, häufig in Verbindung mit Bestrah- lung; Nuklearmedizin	hervorragende Eignung für medizinische Dia- gnostik und gute für me- dizinische Therapie, häufig auch in Verbin- dung mit Beta- und Gammastrahlung	Heil- wasser	keine

Abb. 7: Zusammenfassung ionisierende Strahlung und erforderlicher Strahlenschutz
(in Anlehnung an: DESAG - DEUTSCHE SPEZIALGLAS AG (o. J.))

3 Medizinische Großgeräte - Übersicht

In den ersten beiden Kapiteln ging es um physikalische Grundlagen bezüglich Strahlenarten und Strahlenschutz. Das 3. Kapitel erklärt die Anwendung von verschiedenen Strahlenarten in der Medizin und beschreibt die wesentlichen medizinischen Großgeräte.

Eine einheitliche Definition, was medizinische Großgeräte sind, ist nicht in der Literatur zu finden. Deshalb soll als Grundlage die folgende eigene Arbeitsdefinition gelten:

Unter medizinischen Großgeräten versteht man große Einrichtungen der Medizintechnik, die zum Zweck von Untersuchung (Diagnose) und Behandlung (Therapie) ionisierende oder nichtionisierende Strahlung emittieren. Durch ihre Größe, ihre Funktionsweise und ihre relative Unbeweglichkeit bestimmen diese Geräte wesentlich die Aufgabe, die Konstruktion und die Gestaltung der sie umgebenden baulichen Hülle.

Im folgenden werden einige medizinischen Großgeräte gemäß ihrer Wirkungsweise, ihrer Anwendungsmöglichkeiten, der erforderlichen Strahlenschutzmaßnahmen und der baulichen Auswirkungen betrachtet. Im 5. Kapitel wird dann auf die speziellen Systeme der Strahlentherapie, der Lithotripsie und der kernmagnetischen Resonanz näher eingegangen.

System und Eignung	ionisierend	Diagnose	Therapie	interventionelle Therapie
Röntgen	X	X	(Röntgenbestrahlung)	X
Computertomographie	X	X	-	X
Nuklearmedizin, PET	X	X	X	-
Strahlentherapie, AL	X	-	X	-
Lithotripsie	(X)	X	X	-
Kernspintomographie	-	X	-	X

Abb. 8: Übersicht über medizinische Großgeräte
(eigene Darstellung)

Die medizinischen Großgeräte lassen sich untergliedern in solche, die *mit* ionisierender, solche die *mit oder ohne* ionisierender und solche die *ohne* ionisierende Strahlung arbeiten.

3.1 Medizinische Großgeräte mit ionisierender Strahlung

Die Radiologie ist die Wissenschaft von der ionisierenden Strahlung und ihrer Anwendung. Die medizinische Radiologie beschäftigt sich mit der Anwendung ionisierender Strahlung zu Diagnose- oder Therapiezwecken.⁵⁸

3.1.1 Röntgeneinrichtungen

• Geschichtlicher Überblick

Die klassische diagnostische Röntgeneinrichtung besteht seit der Entdeckung der Röntgenstrahlen durch Wilhelm Conrad Röntgen im Jahr 1895 allgemein aus drei Grundkomponenten: dem Rönt-

⁵⁸ Vgl. DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 92

genstrahler (Röntgenröhre und Röhrengehäuse), dem Röntgengenerator (eigentlicher Röntgenapparat) und dem Röntgenuntersuchungsgerät.⁵⁹



Abb. 9: *Heutige Technik: Sireskop SX von Siemens für Durchleuchtung und Aufnahme*
(Quelle: **SIEMENS**, Prospekt über Untertisch-Röntgendiagnostiksystem **SIRESKOP SX** (o. J.); vgl. auch: **HOLLAY, E.** (1992))

• Wirkungsweise

Nach dem hauptsächlichen Verwendungszweck von Röntgeneinrichtungen unterscheidet man zwischen *Röntgenaufnahmegeräten* zur Anfertigung von Röntgenbildern und *Röntgendurchleuchtungsgeräten*, die in der interventionellen Therapie verwendet werden. Hierbei werden Eingriffe unter Bildgebung vorgenommen.⁶⁰ Seit den 60er Jahren ist es möglich, die Bildbetrachtung vom Ort der Bildentstehung zu trennen. So konnte die Röntgentechnik den verschiedenen Fachdisziplinen angepaßt werden.⁶¹

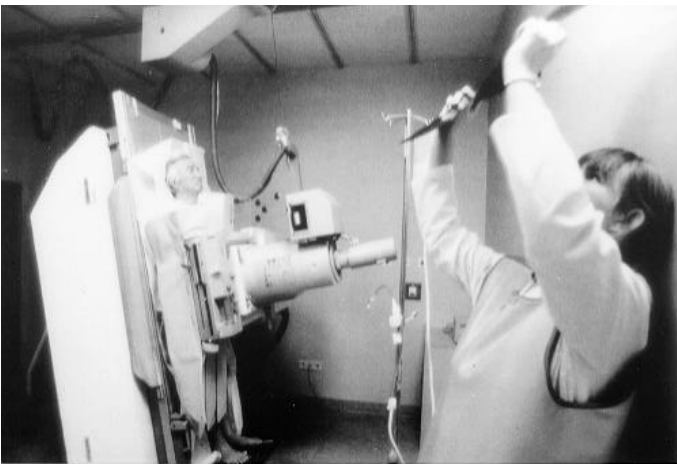


Abb. 10: *Röntgendiagnostik zur Krebserkennung im Alfred Krupp Krankenhaus, Essen*
(Quelle: **ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.)** (1993), S. 76)

⁵⁹ Vgl. **WILLICH, E. (HRSG.)** (1988), S. 97; und vgl. **KRESTEL, E. (HRSG.)** (1988), S. 221

⁶⁰ Vgl. **WILLICH, E. (HRSG.)** (1988), S. 102

⁶¹ Vgl. **KRESTEL, E. (HRSG.)** (1988), S. 221

- **Anwendungsmöglichkeiten**

Die Anwendung liegt in dem Aufspüren krankhafter Prozesse und Verletzungen im Körper.⁶² Weil Haut die Strahlen ungehindert passieren läßt, sie durch Muskeln nur wenig abgeschwächt werden, die Knochen aber deutliche Schatten werfen, eignen sich Röntgeneinrichtungen insbesondere zur Darstellung von Veränderungen der Knochen durch Verletzungen, durch Brüche oder durch Krankheiten wie Gicht.⁶³

Dabei ist im wesentlichen zu beachten, daß Röntgeneinrichtungen Bilder erzeugen, die das Körperrinnere überlagernd darstellen, so daß sich alle Organe übereinander erkennbar sind. Deshalb gibt es besondere Computerprogramme, wie z. B. des Deutschen Herzzentrum in Berlin, die bei der Auswertung von Röntgenbildern insbesondere in der *Angiographie* hilfreich sind. Der große Fortschritt der digitalen Bildspeicherung und der Bildverarbeitung machte die isolierte Darstellung von Blutgefäßen unter Zuhilfenahme von Kontrastmitteln möglich (*Digitale-Subtraktions-Angiographie*, kurz *DSA*).⁶⁴



Abb. 11: Vogtlandklinikum Plauen, 10.06.1996, Angiographie mit einfachem C-Bogen



Abb. 12: Mammography room, design: Jain Malkin Inc. (ohne Angabe des Ortes)
(Quelle: MALKIN, J. (1989), S. 228)

⁶² Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 32

⁶³ Vgl. GEO WISSEN (1995), S. 97 f.

⁶⁴ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 221

Ein weiterer Spezialbereich ist die *Mammographie*. Hierbei wird die weibliche Brust auf Absorptionsunterschiede von Haut, Fettgewebe, Drüsengewebe und Verkalkungen untersucht.⁶⁵ Diese Untersuchungsgeräte können insofern zu den medizinischen Großgeräten gezählt werden, weil sie relativ unbeweglich sind und die Patienten zu dem Gerät gehen müssen.



Abb. 13: Röntgeninstitut in Trier, Mammographieraum
(Quelle: PHILIPS IN DER PRAXIS (o. J.))



Abb. 14: Woman's imaging center in Morton Plant Hospital / Diagnostic Imaging Center, Clearwater, Florida
(Quelle: MILLER, R. L. (1995), S. 126)

Eine weitere Anwendung ist die *Thermographie* als eine Ergänzungsmethode, die die Darstellung der von der Körperoberfläche abgegebenen Wärmestrahlung ermöglicht. Die Temperatur der Körperoberfläche eines Kranken unterscheidet sich vom Normalbild eines gesunden Patienten, so daß

⁶⁵ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 268

ein Rückschluß auf Tumore, Entzündungen und Stellen mit vermehrter Durchblutung nahe der Körperoberfläche möglich ist.⁶⁶ Thermographiegeräte gehören jedoch nicht zu den medizinischen Großgeräten.

Röntgeneinrichtungen werden auch zur Ortung von Nierensteinen in der *Urologie* verwendet. Häufig sind die Röntgeneinrichtungen in die Steinertrümmerungsgeräte der Urologie (Lithotripter) integriert, so daß sie auch als normale Untersuchungseinheit genutzt werden können.

- **erforderliche Strahlenschutzmaßnahmen**

Die Röntgenuntersuchungen machen den größten Teil der zivilisatorischen Strahlenbelastung aus. Deshalb ist hier der *Schutz des Patienten* besonders wichtig. Die Gonaden der Patienten werden vor der Strahlung mit Bleischürzen geschützt. Ebenso ist das *Personal* vor unzulässiger Bestrahlung zu schützen: Es muß nicht nur vor dem Nutzstrahlenbündel geschützt werden, sondern auch vor der vom Patienten in alle Richtungen ausgehenden Streustrahlung, die als Hauptgefahrenquelle anzusehen ist. Schutzkanzel, Bleigummiabschirmung oder das Tragen von Schutzkleidung ist notwendig.⁶⁷ Die Strahlenbelastung des Personals wird anhand von Dosimetern, die an der Kleidung getragen werden, überprüft.

Die detaillierten Ausführungsvorschriften zum *baulichen Strahlenschutz* finden sich in den obengenannten Vorschriften. Grundsätzlich ist darauf zu achten, daß die lückenlose bauliche Abschirmung zu allen sechs Seiten eines Raumes gewährleistet wird. Dabei sind insbesondere Fenster und Türen, auch die Türen zu den Umkleideräumen, nicht zu vergessen. Die Umkleideräume müssen von innen einen Knauf aufweisen, damit der Patient nicht unaufgefordert in den Röntgenraum eintreten kann. Außerdem sind entsprechend den Vorschriften Warnschilder und Warnleuchten anzubringen.

- **Umgang mit Patienten**

An das Personal von Röntgenabteilungen werden in Bezug auf den Umgang mit den Patienten hohe Anforderungen gestellt. Der ständige Wechsel der Patienten und die sehr kurze Untersuchungsdauer läßt keine nähere Kontaktaufnahme zu, so daß der Patient auch kaum eine Möglichkeit hat, Vertrauen zum Personal zu fassen. Insbesondere ist dabei zu beachten, daß sich kranke Menschen durch ihre Schmerzen, Angst und die fremde Umgebung in ihrem Verhalten verändern. Deshalb muß ihnen besonders viel Zuwendung, Hilfe und Verständnis entgegen gebracht werden, auch wenn es bei der häufigen Überbeanspruchung im Betrieb sehr schwer sein kann.⁶⁸

„Schwerkranke müssen stets vordringlich untersucht werden. Es wird daher empfohlen, häufig einen Blick in das Wartezimmer zu werfen. Patienten sollten sich nur kurzzeitig in Umkleidekabinen aufhalten müssen, das gilt vor allem für Kranke mit Atemnot. Patienten sollten möglichst in Aufnahme Räumen nicht länger alleine gelassen werden. Entblößte Körperteile der Patienten sind nach der Aufnahme wieder zu bedecken. Eine längerdauernde unbequeme Lagerung ist zu vermeiden!“⁶⁹

⁶⁶ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 291f.

⁶⁷ Vgl. WILICH, E. (HRSG.) (1988), S. 86 f.; vgl. auch: BAUDISCH, E. (HRSG.) (1978), S. 61

⁶⁸ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 33

⁶⁹ LAUBENBERGER, T. (1990), S. 33f.



Abb. 15: Alfried Krupp Krankenhaus, Essen, Lagerung für eine Röntgenaufnahme des Gehörgangs
(Quelle: ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 39)

3.1.2 Röntgencomputertomographie

- Wirkungsweise

Anfang der 70er Jahre wurden Schnittbildverfahren in die medizinische Diagnostik eingeführt. Bei diesen tomographischen Verfahren werden aus vielen Meßwerten mit einem Computer Schnittbilder (Tomogramme) berechnet.⁷⁰



Abb. 16: Vogtlandklinikum Plauen, 10.06.1996, Computertomographie mit natürlicher Belichtung, rechts Medienwagen

In der Computertomographie umrundet ein fächerförmiger Röntgenstrahl den menschlichen Körper, um Schnittbilder zu erzeugen. Dabei schwächt das Gewebe wegen seiner unterschiedlichen Durchlässigkeit die Strahlung ungleichmäßig ab. So lassen sich aus den vielen verschiedenen Aufnahmeorientungen per Computer Schnittbilder konstruieren, auf denen unterschiedliches Gewebe durch verschiedene Grauwerte dargestellt werden.⁷¹

⁷⁰ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 117; vgl. auch: DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 94f.; vgl. auch: LAUBENBERGER, T. (1990), S. 343

⁷¹ Vgl. GEO WISSEN (1995), S. 101

Das Prinzip der Tomographie besteht darin, daß Röhre und Film um den Patienten rotieren und durch gleichbleibenden geometrischen Verhältnisse ein Detail der gewählten Tiefenebene oder Schichtebene auf dieselbe Stelle des Röntgenfilms abgebildet wird. Wegen der Bewegung werden Details in darüber- oder darunterliegenden Ebenen verwischt.⁷³



Abb. 19: Computertomographie im Alfried Krupp Krankenhaus, Essen
(Quelle: ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 30)

• Anwendungsmöglichkeiten

Besonders geeignet ist die Computertomographie für sehr *kontrastreiche Weichteildarstellungen*. Zusätzlich liefert sie aufgrund der besonderen Art der Bilderzeugung sofort auswertbare Aufnahmen.⁷⁴

Meist werden im Körperstammbereich Voruntersuchungen mit konventionellen radiologischen Methoden vorgenommen. Auf diese kann bei der Untersuchung des Gehirns verzichtet werden, da die diagnostische Wertigkeit der Computertomographie sehr hoch ist. Die schnelle Diagnosefindung „kommt insbesondere in der Tumordiagnostik zur Geltung; hier hat die CT eine besondere Bedeutung für die Erkennung des Prozesses, die Beurteilung des Tumorstadiums, die Therapieplanung und die Therapiekontrolle.“⁷⁵

Computertomographen erfüllen verschiedenste Aufgaben: während für eine Schädelaufnahme eine kontrastreiche Darstellung wichtig ist, spielt bei einer Körperstammaufnahme die kurze Aufnahmezeit eine wichtige Rolle, damit Organbewegungen, Atmung oder Peristaltik keine Bildverfälschungen verursachen beeinflussen.⁷⁶ Bei neuen Entwicklungen wie der Spiralaufnahmetechnik, bei der der Körper in 30 Sekunden 30 mal umrundet und die Patientenliege um 30 cm nach vorne geschoben wird, muß der Patient die ganze Zeit die Luft anhalten. Untersuchungen am Herz werden durch einen Trick möglich: Der Computertomograph wird mit einem Elektrokardiographen gekoppelt, so daß ein Rechner die Daten aus den verschiedenen Umdrehungen gemäß des Herzschlags zu einer Aufnahme montiert.⁷⁷

⁷³ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 212; vgl. auch: KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 89

⁷⁴ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 89

⁷⁵ WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 326

⁷⁶ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 430

⁷⁷ Vgl. GEO WISSEN (1995), S. 102



Abb. 20: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, CT zur Lokalisation

- **erforderliche Strahlenschutzmaßnahmen**

Für ein einzelnes Schnittbild benötigt der Computertomograph zwar weniger Strahlung als eine normale Röntgenaufnahme. Jedoch sind für die Untersuchungen am Computertomograph oft 20 und mehr Bilder im Abstand von 1 bis 10 mm notwendig, so daß sich die Dosis verzehnfacht.⁷⁸ Der Patient wird durch die fächerförmige Bestrahlung nur an den zu messenden Bereichen bestrahlt. Er muß also während der Untersuchung nicht vor der Strahlung geschützt werden. Allerdings gelten alle Vorschriften, die in dem Kapitel zu Röntgeneinrichtungen genannt wurden (Warnhinweisschilder, Umkleidekabinen mit Türknauf als Zugangssperre, lückenlose Abschirmung der Wände, Türen und Fenster).



Abb. 21: Heutige Technik: Computertomograph mit Spiralaufnahmetechnik, Schaltbereich hinter Bleiglasscheibe
(Quelle: **SIEMENS**, Prospekt über Ganzkörper-Computertomograph mit Spiralaufnahmetechnik SOMATOM PLUS 4 (o. J.))

⁷⁸ Vgl. GEO WISSEN (1995), S. 101

3.1.3 Nuklearmedizin

- Wirkungsweise

In der Nuklearmedizin werden offene Radionuklide zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken genutzt. In der *Szintigraphie* wird die räumliche Verteilung inkorporierter Radionuklide untersucht. In der radiopharmazeutischen Medizin werden die biologischen Wirkungen der absorbierten Strahlung für eine Therapie genutzt.⁷⁹

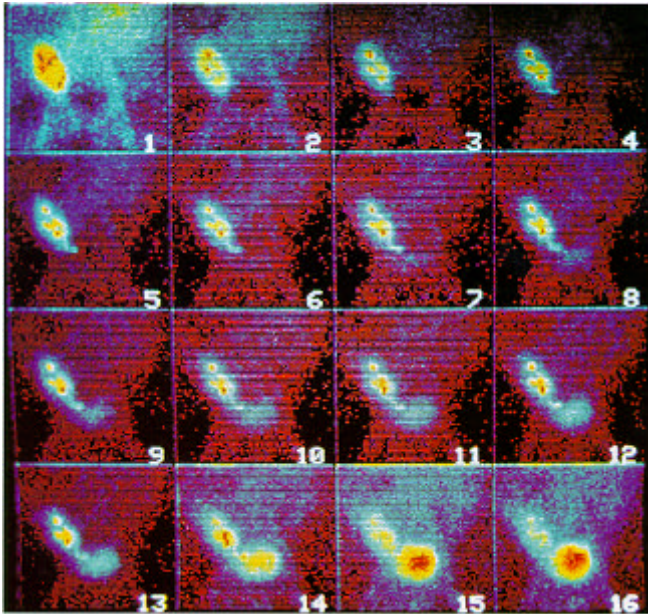


Abb. 22: Serie von Szintigrammen zur Darstellung des Harnflusses von Niere zur Blase
(Quelle: GEO WISSEN (1995), S. 106)

- Anwendungsmöglichkeiten

Mit verschiedenen komplizierten Methoden wird es in der nuklearmedizinischen Diagnostik möglich, radioaktive Verteilungsmuster in größeren Körperbereichen gleichzeitig sichtbar zu machen. Durch diese Radionuklidverteilung im Körper können Projektionsbilder dargestellt werden. In-vivo-Messungen ermitteln die räumliche und zeitliche Verteilung einer radioaktiven Substanz im Organismus durch Messung von außen, In-vitro-Messungen bestimmen die Aktivitätskonzentration in Proben, die dem Organismus entnommen oder von ihm ausgeschieden wurden.⁸⁰ Wegen der hohen Nachweisempfindlichkeit der Strahlungsmeßgeräte können durch kleinste Mengen verabreichter Radionuklide oder radioaktiv markierter Substanzen Informationen über Transport-, Verteilungs-, Stoffwechsel- und Ausscheidungsvorgänge im menschlichen Körper erhalten werden.⁸¹ Diese Informationen, die über eine Gamma-Kamera abgebildet werden, können für eine Diagnose genutzt werden.⁸²

⁷⁹ Vgl. DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 92 ff.; vgl. auch: WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 291

⁸⁰ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 128 ff.

⁸¹ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 458; vgl. auch: WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 345

⁸² Vgl. BAUDISCH, E. (HRSG.) (1978), S. 291

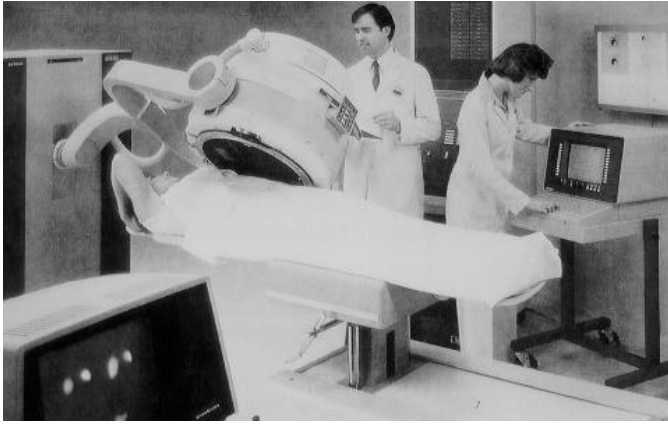


Abb. 23: Gammakamera
(Quelle: KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 473)

• erforderliche Strahlenschutzmaßnahmen

Der wesentliche Unterschied zur Röntgendiagnostik besteht darin, daß hier nicht die Strahlenquelle außerhalb des menschlichen Organismus lokalisiert ist und die gewünschten Informationen dem Strahlenbündel erst beim Passieren des Körpers aufgeprägt werden, sondern der den radioaktiven Indikator enthaltende Organismus selbst die Quelle der informationstragenden Signale darstellt.⁸³



Abb. 24: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Dresden-Strehlen, 12.10.96, Wartebereich Nuklearmedizin

„Die den Patienten zu nuklearmedizinischen Untersuchungen verabreichten Aktivitäten liegen in einer Größenordnung von 100 kBq bis 1 GBq. (...) Die Strahlenexposition des Patienten ist hierbei in vielen Fällen geringer als bei entsprechenden Röntgenuntersuchungen.“⁸⁴ Jedoch kann der Patient vor dieser Strahlung kaum abgeschirmt werden.⁸⁵ Arzt und Personal sind durch diese niedrigen Aktivitäten relativ gering gefährdet. Allerdings besteht neben der Gefahr der äußeren Strahlenbelastung auch die Gefahr der inneren Strahlenbelastung durch Inkorporation radioaktiver Stoffe. Dies kann durch die Atemwege, den Verdauungstrakt oder die Haut geschehen.⁸⁶ Also ist auch darauf zu achten, daß alle verwendeten Utensilien auf ihre Radioaktivität, also die Arbeitsplatz- und Umge-

⁸³ Vgl. BAUDISCH, E. (HRSG.) (1978), S. 291

⁸⁴ WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 91

⁸⁵ Vgl. WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 97

⁸⁶ Vgl. BAUDISCH, E. (HRSG.) (1978), S. 65

bungskontamination, untersucht werden und entweder gereinigt oder in einem Abklingraum gelagert werden können.⁸⁷

Deshalb sollen in nuklearmedizinischen Abteilungen ständig betriebsbereite Labormonitore zur Überprüfung von Geräten und sonstigen Utensilien auf Kontamination vorhanden sein. Außerdem müssen für einen Bereich ab 400 MBq strahlengeschützte Arbeitsplätze in Form von Tischen mit Abschirmbrüstungen und Bleiburgen mit Fernbedienungseinrichtungen vorhanden sein. Für den flexiblen Aufbau von Strahlenschutzwänden sollen Bleiziegel in größerer Anzahl vorrätig sein. Strahlenschutztresore und Abschirmbehältnisse sind für die Lagerung radioaktiver Stoffe notwendig.⁸⁸ Für die Planung von Abklinganlagen müssen unbedingt Behörden, Aufsichtsamt, Wasserwirtschaftsamt, TÜV, Feuerwehr und der Sicherheitsingenieur frühzeitig befragt werden. Das verringert die Gefahr von Planungsfehlern und damit auch die Kosten durch die Korrektur von solchen Fehlern in der Ausführung.⁸⁹ Bereiche, in denen mit Radioaktivität gearbeitet wird, müssen deutlich gekennzeichnet werden.

- PET

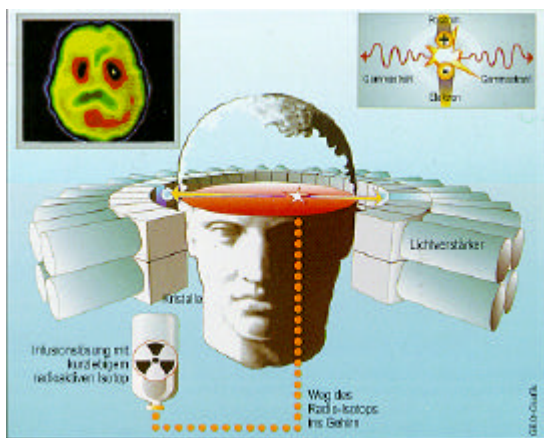


Abb. 25: Schematische Darstellung der Funktionsweise der Positronenemissionstomographie
(Quelle: GEO WISSEN (1995), S. 105)

Bei der PET, der Positronenemissionstomographie, emittiert ein inkorporiertes Radioisotop ein Positron, das sich im Gewebe mit einem Elektron vereinigt. Dabei werden beide vernichtet und es entstehen zwei Gammaquanten, die sich um 180 Grad voneinander weg bewegen. Der zeitliche Abstand, in dem die beiden Gammaquanten auf die Detektoren auftreffen, läßt Aufschlüsse über Durchblutungs- und Stoffwechselvorgänge im Gehirn zu.⁹⁰ Die PET eignet sich besonders für die Überwachung nach Tumoroperationen, die Erkennung von Herzinfarkten und die Beobachtung von Reaktionen im Gehirn.⁹¹

⁸⁷ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 74 ff.; unter *Kontamination* versteht man eine radioaktive Verunreinigung. In der Nuklearmedizin gilt in Kontrollbereichen eine Arbeitsplatzkontamination von 37 Bq/cm² als Schwelle für erforderliche Reinigungs- und Schutzmaßnahmen.

⁸⁸ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 91f.

⁸⁹ Vgl. KLEIST, E.-H. / SCHMIEG, P. (1995), S. 76

⁹⁰ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 476 f.

⁹¹ Vgl. GEO WISSEN (1995), S. 107

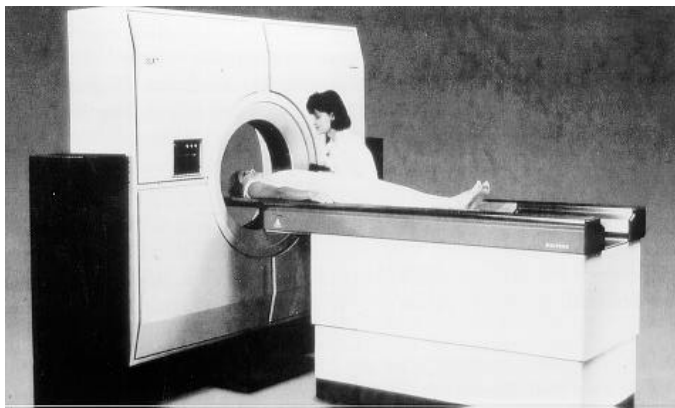


Abb. 26: Positronenemissionstomograph
(Quelle: KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 477)

3.1.4 Strahlentherapie

Bei der Strahlentherapie wird der Patient mit ionisierender Strahlung behandelt, wie z. B. Röntgenbestrahlung, Gammabestrahlung, Elektronenbestrahlung, Neutronenbestrahlung⁹²

- Wirkungsweise

Ionisierende Strahlen bewirken kurzzeitige *physikalische Wechselwirkungsprozesse* mit den Zellen des menschlichen Körpers, wodurch deren Eigenschaften verändert werden.⁹³ Diese Wirkung ionisierender Strahlung, die Lebensfunktion einer Zelle zu verändern (Mutation) oder zu zerstören, wird in der Strahlentherapie zur Krebsbehandlung genutzt.⁹⁴ Dabei wird die Zellteilung verlangsamt oder blockiert (Zelltod).⁹⁵ Beim Durchtritt durch Materie verliert ionisierende Strahlung durch Absorption und Abregung sowie durch Ionisation einen Teil ihrer Energie. Abhängig von der Höhe der absorbierten Energie werden im biologischen Gewebe Zellschäden hervorgerufen.⁹⁶ Diese Eigenschaft wird genutzt, um Tumorgewebe zu vernichten.⁹⁷

„Bei der Strahlentherapie wird die unterschiedliche *Strahlensensibilität* von gesunden und krankhaft verändertem Gewebe ausgenutzt. Generell kann aufgrund der Stoffwechselverhältnisse mit einer höheren Strahlenempfindlichkeit kranken Gewebes gerechnet werden.“⁹⁸ Die unterschiedliche Sensibilität der Tumoren gegenüber Strahlen spiegelt sich in den Bezeichnungen strahlensensible, weniger strahlensensible, relativ strahlenresistente und sehr strahlenresistente Tumoren wieder. Eine besondere Strahlensensibilität der Zelle besteht nur in der Phase ihrer Teilung, weswegen man durch die Verabreichung von Zytostatika die Zellteilung in der sensibelsten Zellteilungsphase stoppt, damit ein großer Anteil der krankhaften Zellen in dem empfindlichen Stadium liegt.⁹⁹

⁹² Vgl. DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 12f.

⁹³ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 65 f.

⁹⁴ Vgl. BFS (HRSG.) (1993a), S. 22

⁹⁵ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 65 f.

⁹⁶ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 510

⁹⁷ Vgl. BAUDISCH, E. (HRSG.) (1978), S. 357

⁹⁸ WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 399f.

⁹⁹ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 399f.; vgl. auch: LAUBENBERGER, T. (1990), S. 517



Abb. 27: *Heutige Technik: Linearbeschleuniger MEVATRON von Siemens*
(Quelle: **SIEMENS**, Prospekt über ZXT Therapie-Lagerungstisch mit erweiterter Höhenverstellung (o. J.))

Durch die Entwicklung der Technik und der Strahlenphysik stehen heute der Medizin wirkungsvolle Strahlenarten zur Verfügung. Die exakte Dosimetrie und die rechnergestützte Bestrahlungsplanung macht die Strahlentherapie zu einem effektiven Instrument zur Anwendung in der Radioonkologie und der Behandlung von bösartigen Tumoren.¹⁰⁰

In der Strahlentherapie kommen viele verschiedene *Strahlenarten* zur Anwendung, insbesondere die Photonenstrahlung. Hierunter fallen insbesondere die Röntgenstrahlung, die Korpuskularstrahlen und schnelle Neutronen. Spezielle Bestrahlungsmethoden ermöglichen eine wirkungsvolle und schonende Behandlung der Patienten durch die Konzentrierung der Bestrahlung auf das Zielvolumen. Die Strahlungsanwendung erfolgt in der Regel von außen als Oberflächen-, Halbtiefen oder Tiefentherapie.¹⁰¹ Dabei können mit der Einzelfeldbestrahlung oberflächlich oder halbtief und mit der Mehrfelderbestrahlung tiefer lokalisierte Zielvolumina bestrahlt werden. Die Dosisverteilung kann durch eine Bewegungsbestrahlung, also durch eine Pendel- oder Rotationsbestrahlung beeinflusst werden.¹⁰²

Es gibt verschiedene Therapiegeräte zu unterschiedlichen Zwecken. Zur Auswahl stehen Röntgeneinrichtungen für die Oberflächen- und Körperhöhlentherapie, Therapie mit ultraharter Strahlung, auch Supervolttherapie, Telegammatherapie, zu der auch die Kobalttherapie gehört, und Teilchenbeschleuniger wie Kreis- und Linearbeschleuniger, wie Neutronen-, Protonen- und Deuterontherapieanlagen.¹⁰³

¹⁰⁰ Vgl. WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 382f.

¹⁰¹ Vgl. WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 382f.

¹⁰² Vgl. WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 395-397

¹⁰³ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 548 ff.



Abb. 28: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Kobaltanlage

- **Bestrahlungseinrichtungen**

Röntgennahstrahlungseinrichtungen dienen zur Durchführung von Strahlenbehandlungen mit Abständen bis zur Haut von bis 5 cm. Hierbei werden oberflächliche Zielvolumen bestrahlt. Bei Röntgenweichstrahltherapieeinrichtungen werden schwach gefilterte Röntgenstrahlen bei entzündlichen Hautkrankheiten angewendet.¹⁰⁴

Bei der *Gamma-Bestrahlungseinrichtung* muß die Strahlenquelle zum Strahlenschutz von dicken Abschirmungen aus Blei oder besser aus Wolfram umgeben sein, da die Strahlung nicht abschaltbar ist (Halbwertszeit 30 Jahre).¹⁰⁵



Abb. 29: Beim Beschuß von Tumoren mit Gamma- oder Teilchenstrahlen werden empfindliche Organe mit Bleiblöcken abgeschirmt.
(Quelle: GEO WISSEN (1995), S. 117)

¹⁰⁴ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 390

¹⁰⁵ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 391

In *Beschleunigern* werden elektrisch geladene Teilchen durch elektromagnetische Felder auf so hohe Energien beschleunigt, daß sie entweder selbst als Strahlungsteilchen wirken oder beim Aufprall auf ein sogenanntes Target in diesem sekundäre Strahlungsteilchen erzeugen. Je nach der Art der beschleunigten Teilchen wird zwischen Elektronenbeschleunigern und Beschleunigern für schwere geladenen Teilchen (Protonen, Ionen) unterschieden.¹⁰⁶ Protonenstrahlen haben eine besondere Dosisverteilung im Körper: Durch ihre besonders hohe Geschwindigkeit verlieren sie dicht hinter der Körperoberfläche wenig Energie, was zu einer geringen Ionisierung bzw. Anregung führt, werden erst im Körperinneren stark abgebremst und wirken dort mit hoher Energie auf das Zielvolumen. So wird das umgebende Gewebe wenig und das hinter dem Zielvolumen liegende Gewebe so gut wie gar nicht bestrahlt.¹⁰⁷

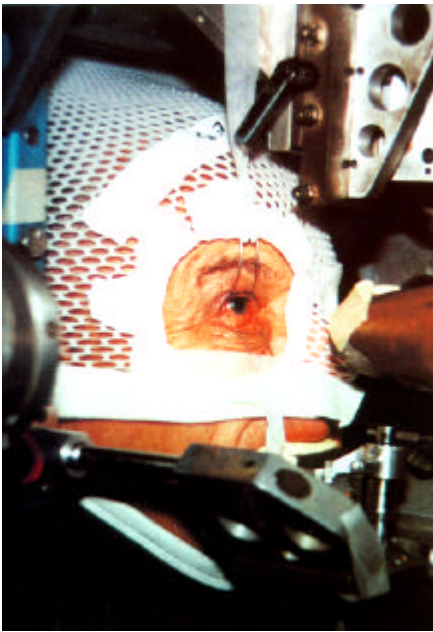


Abb. 30: Protonenstrahlen werden wegen ihrer kurzen Reichweite von drei bis vier Zentimetern häufig zur Behandlung von Augentumoren eingesetzt.
(Quelle: LINZ, U. (1996), S. 72)

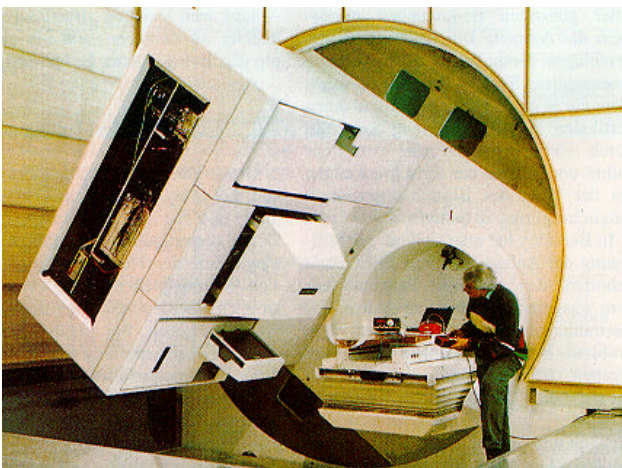


Abb. 31: Protonenbeschleuniger am Paul-Scherrer-Institut in Villigen, Schweiz, mit etwa vier Metern Durchmesser
(Quelle: LINZ, U. (1996), S. 75)

¹⁰⁶ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 22

¹⁰⁷ Vgl. LINZ, U. (1996), S. 72

In einem *Kreisbeschleuniger* werden die Elektronen auf einer annähernd kreisförmigen Bahn beschleunigt. Dadurch kann das Zielvolumen ins Kreuzfeuer genommen werden, umliegendes Gewebe wird nur sehr gering belastet.

Bei *Linearbeschleunigern* werden die Elektronen durch einmaliges Durchlaufen einer geraden Beschleunigungsstrecke, eines Hohlleiters, beschleunigt.¹⁰⁸

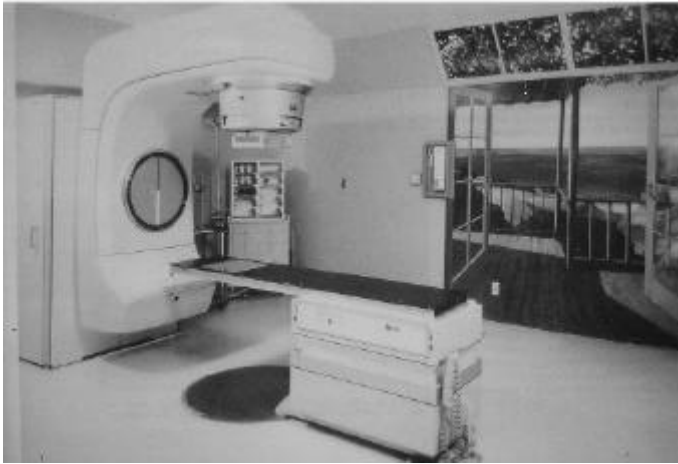


Abb. 32: *Linear accelerator, interior design: Jain Malkin Inc. (ohne Ortsangabe)*
(Quelle: MALKIN, J. (1989), S. 230)

Die ferngesteuerte *Afterloading-Einrichtung* dient zur Kontakt- oder Kurzdistanzbestrahlung „mit umschlossenen Gamma-strahlenden radioaktiven Stoffen und besteht aus dem im Bestrahlungsraum befindlichen Afterloading-Bestrahlungsgerät (...) sowie der außerhalb desselben strahlengeschützt angebrachten Bedienvorrichtungen. Der Strahler wird ferngesteuert in einem am oder im Patienten positionierten Applikator eingebracht und in den Strahlenschutzbehälter zurücktransportiert.“¹⁰⁹



Abb. 33: *Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, Strahlentherapie, Afterloading-Raum*

Der hauptsächliche Einsatz war bisher die Behandlung von Tumoren am Uterus der Frau. Inzwischen sind auch Anwendungen in Bereichen üblich, die durch normale Bestrahlung nur unter unzulässiger Bestrahlung von empfindlichen Gewebe möglich wären, z. B. in der Urologie. Praktische

¹⁰⁸ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 391f.

¹⁰⁹ WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 393; vgl. auch: DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 100

Erfahrungen liegen auch bei Tumoren der Mundhöhle vor. Von Vorteil sind für die Patienten die kurzen Liegezeiten und für das Personal der Wegfall der Strahlenbelastung.¹¹⁰



Abb. 34: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Afterloading

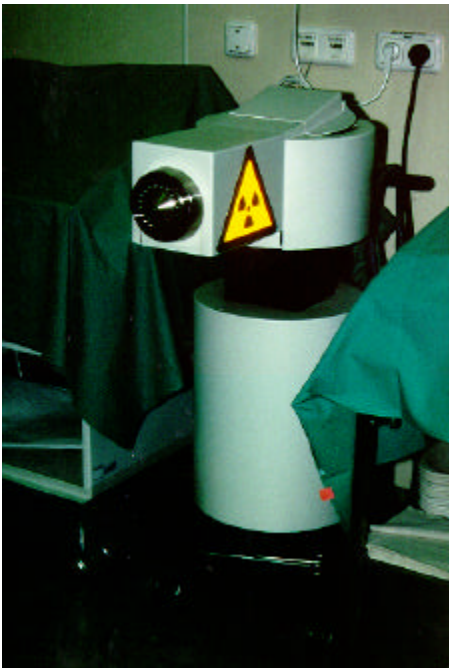


Abb. 35: Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, Strahlentherapie, Behälter für Afterloading-Iridium-Quelle

¹¹⁰ Vgl. BAUDISCH, E. (HRSG.) (1978), S. 367

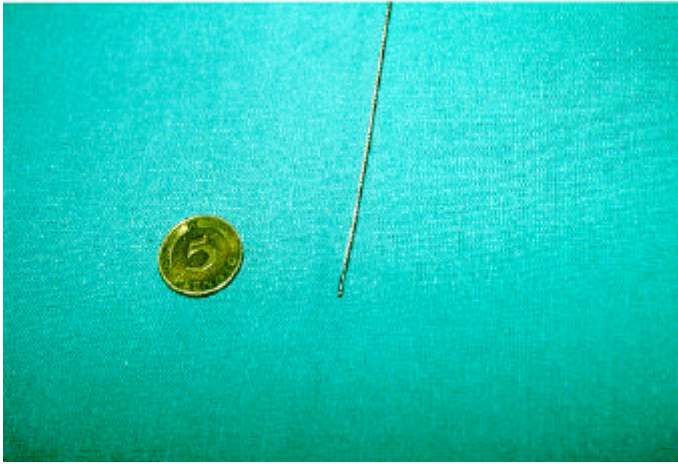


Abb. 36: Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, Strahlentherapie, Iridium-Quelle (inaktiv!) für Afterloading

• Anwendungsmöglichkeiten

„Die Strahlenwirkung läuft im biologischen Gewebe über 4 Stufen ab:

- a) Die physikalische Phase. Sie entspricht der Energieabsorption im Gewebe. Sie bewirkt Ionisation, Molekülanregung und Wärme.
- b) Die physikalische-chemische Phase. Dabei kann es zur primären Schädigung der Zelle kommen (direkte Strahlenwirkung). Oder es entstehen Radikale, die ihrerseits die Zellen schädigen (indirekte Strahlenwirkung).
- c) Die biochemische Phase. In ihr laufen eine große Zahl chemischer und biochemischer Prozesse ab (...). Dadurch können sich organische Moleküle verändern.
- d) Die biologische Phase. Die biologische Phase umfaßt die Auswirkungen der physikalischen und chemischen Abläufe. Sie verursachen Störungen der Vitalfunktionen am biologischen Substrat, die bis zum Zelltod führen können. Gleichzeitig können latente oder manifeste Schäden auftreten, die sowohl den Zelltod als auch Mutationen bewirken.“¹¹¹

Die Strahlenbehandlung erfordert die Vermeidung von bleibenden Organveränderungen und zielt auf eine akute Strahlenreaktion,¹¹² die in der therapeutischen Anwendung ionisierender Strahlung genutzt wird „zur

- Bekämpfung bösartiger Geschwulste
- Beseitigung gutartiger Neubildungen und hypertrophischer Prozesse
- Bekämpfung akuter und chronischer Entzündungen
- Beeinflussung gestörter Körperfunktionen über das vegetative Nervensystem.

Ihre Wirkung beruht auf Reaktionen, die bei der Absorption ionisierender Strahlung im Gewebe ausgelöst werden.“¹¹³

¹¹¹ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 510

¹¹² Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 411

¹¹³ BAUDISCH, E. (HRSG.) (1978), S. 343



Abb. 37: Strahlentherapie im Alfried Krupp Krankenhaus, Essen
(Quelle: ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 153)

Die Radioonkologie befaßt sich mit bösartigen Geschwülsten. Hier wird die kurative Strahlentherapie eingesetzt als präoperative, postoperative oder intraoperative Radiotherapie, meist in Verbindung mit einem kombinierten Behandlungsplan. Ebenso findet die Strahlentherapie palliativ eine Anwendung, wobei sie in fortgeschrittenen Tumorstadien auf die Beseitigung oder Linderung tumorbedingter Beschwerden zielt und möglicherweise die Lebenszeit verlängert.¹¹⁴

- erforderliche Strahlenschutzmaßnahmen

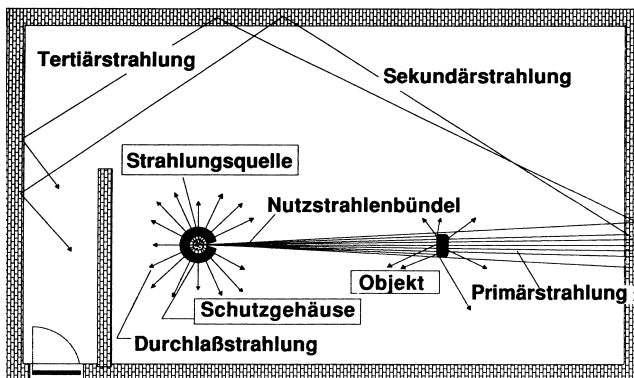


Abb. 38: Schematische Darstellung der Strahlungsfelder
(Quelle: VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 36)

In dem *Strahlungsfeld*, der räumlichen Verteilung von Strahlungsteilchen im Raum, wird zwischen ungestreuter und gestreuter Strahlung, die eine Richtungsänderung erfahren hat, unterschieden. Außerdem werden Nutz-, Stör- und Durchlaßstrahlung differenziert. Die Nutzstrahlung tritt durch eine spezielle Öffnung des Schutzgehäuses um die Quelle zu Anwendungszwecken aus. Die durch das Schutzgehäuse gegebenenfalls hindurchdringende Strahlung wird Durchlaßstrahlung genannt. Die gesamte Strahlung außerhalb des Nutzstrahlenbündels wird als Störstrahlung bezeichnet.¹¹⁵

¹¹⁴ Vgl. WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 406 ff.

¹¹⁵ Vgl. VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992), S. 35



Abb. 39: Masken und Rahmen hindern die Patienten daran, sich zu bewegen. Damit wird nur das Zielvolumen bestrahlt. (Quelle: GEO WISSEN (1995), S. 119)

Der Schutz des Patienten vor unnötiger Strahlenexposition bei gleichzeitiger wirksamer Bestrahlung ist hier Aufgabe von Arzt und Physiker. Häufig werden empfindliche Organe mit individuell angefertigten Bleiklötzen geschützt, die in einem Gipsanalyzer fixiert, dem Patienten bei jeder Bestrahlung wieder aufgelegt wird. Diese Bleiklötze werfen einen Strahlenschatten. Durch das Rotieren von der Strahlenquelle um den Patienten wird bei Kreisbechleunigern, der Tumor so in das Kreuzfeuer genommen, daß das umgebende Gewebe kaum belastet wird. Die genaue Lage des Tumoren wird im allgemeinen mit Hilfe von Angiographie und Computertomographie lokalisiert.¹¹⁶



Abb. 40: Diese Strahlenblenden werden über die Behandlungszeit immer wieder über den Patienten gelegt. (Quelle: GEO WISSEN (1995), S. 117)

Ebenso muß das Personal vor ungewollter Strahlung geschützt werden.¹¹⁷ Der Strahlenschutz in der Strahlentherapie ist aufgrund der vielfältigen Strahlenquellen, -arten und -energien nicht durch einheitliche Richtlinien zum Schutz von Personal und Patienten festgelegt. Für jede Therapieart gibt es also spezielle Strahlenschutzordnungen. Die allgemeinen Strahlenschutzbedingungen sind jedoch

¹¹⁶ Vgl. GEO WISSEN (1995), S. 117 f.

¹¹⁷ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 88

uneingeschränkt gültig.¹¹⁸ Der Behandlungsraum der Strahlentherapie muß die baulichen Anforderungen bezüglich des Strahlenschutzes und der Montageeinrichtung erfüllen.¹¹⁹

3.2 Medizinische Großgeräte mit und ohne ionisierende Strahlung: Lithotripsie

• Geschichtlicher Überblick

Ein Teilgebiet der Urologie befaßt sich mit der Behandlung von Nieren- und Gallensteinen. Im Mittelalter und der frühen Neuzeit mußten häufig Gallensteine behandelt werden, während es heute hauptsächlich um Nierensteine geht. Damals gab es zwei Möglichkeiten, diesen Stein zu entfernen: Beim hohen Steinschnitt lag der Patient kopfüber auf einem geneigten Operationstisch, so daß der Chirurg mit dem Messer über dem Schambein in die Blase eindringen konnte, ohne das Bauchfell zu verletzen. Mit der Blasensteinzange wurde der Stein dann entfernt. Beim tiefen Steinschnitt wurde der Zugang durch den Damm gewählt. Insgesamt konnte eine Reihe von Patienten von ihren Blasensteinen befreit werden, die wegen der enormen Größe starke Beschwerden hervorgerufen haben müssen.¹²⁰



Abb. 41: Hoher Steinschnitt
(Quelle: WINAU, R. (1993a), S. 49)

• Wirkungsweise

Heute gibt es einige Geräte, die eine Steinentfernung ohne operativen Eingriff ermöglichen: Systeme der *Lithotripsie* eignen sich für sämtliche urologische und endoskopische Untersuchungen sowie für Ortung und perkutane Zertrümmerung von Steinen des Harntraktes, die aus verklumpten mineralischen Ablagerungen bestehen.¹²¹ Für die *Ortung* des Steines stehen einerseits integrierte Röntgendurchleuchtungsgeräte zur Verfügung, die in zwei Schichten messen und somit eine dreidimensionale Lokalisierung ermöglichen, und andererseits Sonographiegeräte, die, haben sie den Stein fokussiert, sofort Ultraschallstoßwellen zielgenau entsenden können.¹²² Die Ultraschallortung hat den Vorteil, daß keine Belastung mit Röntgenstrahlung auftritt, was insbesondere bei Säuglingen und Kleinkindern günstig ist, hat aber auch den Nachteil, daß nicht alle Steine geortet werden

¹¹⁸ Vgl. BAUDISCH, E. (HRSG.) (1978), S. 69

¹¹⁹ Vgl. DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986), 1986, S. 39

¹²⁰ Vgl. WINAU, R. (1993a), S. 49 f.

¹²¹ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 266; vgl. auch: GEO WISSEN (1995), S. 115

¹²² Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 399

können. Deshalb finden sich in der Praxis häufig Lithotripter mit Röntgenlokalisierung von oben mit Untertisch-Stoßwellenquelle sowie Sonographieortung als Obertisch mit gleichzeitiger Stoßwellenquelle.



Abb. 42: Lithotripter Lithostar von Siemens mit Deckenampel und Tischsockel
(Quelle: KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 425; vgl. auch: HOLLAY, E. (1992), S. 117)

Die Ortung wird also entweder durch Röntgendurchleuchtung oder Ultraschall vorgenommen. Die Raumkoordinaten bestimmen dann automatisch die Positionierung der Stoßwellenquelle. Die Behandlung ist durch die Kombination von Ortung, Zertrümmerung und die koordinierende Systemsteuerung effizient.¹²³ Sehr große Steine können jedoch auch endoskopisch entfernt werden.¹²⁴ Bei der Abgabe von Stoßwellen muß der Patient reglos liegen bleiben, damit die Welle wirklich den Stein trifft. Da die Atmung die Lage der Organe beeinflußt, können die Stoßwellen auch atemgetriggert abgegeben werden. Um die Übertragung der Stoßwelle in den Körper zu ermöglichen, liegt zwischen Patient und Applikator ein Kissen mit einer Flüssigkeit. Auf diesem Stoßwellenkopf ist ein spezifisches Gel aufgetragen, das die Stoßwellen auf den Körper überträgt. Am Gerät befinden sich Beinhalter, Ellbogenstützen für den Arzt und Spülwanne oder Plastikbeutel zum Auffangen der Blasenspülflüssigkeit.¹²⁵ Bei den ersten Gerätesystemen befand sich der Patient zur Ankopplung der Schallwellen in einem Wasserbad. Heutige Systeme, die ohne ein Wasserbad auskommen, bieten den Vorteil des geringeren Vorbereitungsaufwandes für eine Behandlung.¹²⁶ Bei Wannen wie von Dornier ist es möglich, mit regionaler Anästhesie zu arbeiten, so daß höhere Energien möglich sind.¹²⁷

¹²³ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 424

¹²⁴ Vgl. TSCHOLL (1996)

¹²⁵ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 267

¹²⁶ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 24

¹²⁷ Vgl. TSCHOLL (1996)



Abb. 43: Altes Gerätesystem mit einem Wasserbad zur Übertragung der Stoßwellen
(Quelle: GEO WISSEN (1995), S. 115)

Eine interessante Variante der Versorgung von Patienten mit ESWL (elektrohydraulische bzw. extrakorporale Stoßwellenlithotripsie) sind mobile Lithotripter, die von mehreren Einrichtung genutzt werden. Allerdings müssen die jeweiligen urologischen Einrichtungen in der Lage sein, eventuelle Komplikationen, die nach einer ESWL auftreten können, zu beherrschen. Mit einem flächendeckenden wirtschaftlichen Standortsystem von mobilen Lithotriptern können die Patienten bürgernah und mit der jeweiligen neuesten Technik behandelt werden.¹²⁸ Der etwa 800 kg schwere mobile Lithotripter pendelt mit einem normalen Transporter zwischen mehreren Standorten. Dort wird er mit einem elektrischen Hubwagen (300 kg) in den Behandlungsraum, der gegen Röntgenstrahlen abgeschirmt sein muß, gefahren. Dieser kann auch in höheren Etagen liegen, wenn ein entsprechend großer und leistungsfähiger Bettenaufzug vorhanden ist. Der Aufbau des Geräts dauert etwas länger als eine halbe Stunde. An einem Vormittag können etwa acht bis zehn Patienten behandelt werden.¹²⁹ Es gibt auch die Möglichkeit, den mobilen Lithotripter fest in einem LKW zu montieren und dort zu behandeln. Bei Komplikationen ist es jedoch günstiger, das Gerät direkt in der urologischen Station installiert zu haben. Bei der Auswahl des Gerätes sollte darauf geachtet werden, daß auch andere Eingriffe auf dem Tisch möglich sind. Reine ESWL-Geräte sind nur bedingt empfehlenswert.¹³⁰

Bei mobilen Lithotriptern scheint ein wesentliches Problem die Zeit direkt nach Behandlung zu sein. Selbst Patienten, die mit großem Enthusiasmus an die Behandlung gingen und sehr selbstbewußt waren, daß sie die Behandlungsschmerzen problemlos überstehen, verließen den Raum völlig entkräftet. Sie haben unter der Behandlung so sehr gelitten, daß sie sich vor körperlichem Schmerz und vor seelischer Überbelastung fast wie gelähmt waren und den Raum nur mit Hilfe verlassen konnten. Die dringende Forderung ist es, einen Raum vorzusehen, der den Patienten nach der Behandlung zur Regenerierung zur Verfügung steht. Er soll eine entspannende Atmosphäre haben, außerdem soll ärztliches Personal zur Betreuung und Beratung zur Verfügung stehen.

¹²⁸ Vgl. BRUCKENBERGER, E. (1994a), S.: 17 ff.; vgl. auch: TSCHOLL (1996)

¹²⁹ Vgl. Kantonsspital Aarau, Schweiz, am 18.9.1996

¹³⁰ Vgl. TSCHOLL (1996)



Abb. 44: *Heutige Technik: Mobiler Lithotripter DIAGNOST ME von Philips*
(Quelle: Philips, Prospekt über DIAGNOST ME (1995))

Bei den meisten Lithotriptern wird die Stoßwelle folgendermaßen erzeugt: Zwischen zwei Elektroden wird eine Spannung zwischen 18 und 24 Volt angelegt. Durch die Entladung entsteht eine Welle extremen Überdrucks, die durch metallische Wellenspiegel auf einen Punkt gebündelt wird. Diese Elektrodentechnik ist heute weit verbreitet. Daneben gibt es noch Geräte, die wie ein Lautsprecher funktionieren.¹³¹

• Anwendungsmöglichkeiten

„Die Systeme für Lithotripsie werden bei der Behandlung von Steinerkrankungen zur Zertrümmerung der Steine durch außerhalb des Körpers erzeugte, fokussierte energiereiche Schallimpulse eingesetzt. Während die extrakorporale Stoßwellen-Lithotripsie (ESWL) bei der Behandlung von Steinerkrankungen des Harntraktes, insbesondere von Nierensteinen, bereits als etabliertes Verfahren anzusehen ist, befindet sich ihr Einsatz auf anderen Gebieten, z. B. bei der Behandlung von Gallensteinen, noch im Stadium der Forschung. Die rasche Verbreitung des Verfahrens nach seiner ersten Realisierung Ende der 70er Jahre beruht darauf, daß die ESWL in der Regel für den Patienten wesentlich weniger belastend als eine Steinoperation oder eine Steinentfernung mit Hilfe perkutaner Verfahren ist und daneben auch noch eine Verkürzung des Klinikaufenthaltes des Patienten und eine Verringerung der Behandlungskosten mit sich bringt.“¹³²

• Bequeme Lagerung des Patienten

„Es ist nahezu selbstverständlich, daß die Patientenlagerungsvorrichtung so beschaffen sein muß, daß sie problemlos die Lagerung und Positionierung der Patienten in der für die anstehende Untersuchung günstigsten Weise zuläßt. Die Patientenlagerung muß so bequem wie möglich gestaltet sein, um Bestrebungen des Patienten, seine Lage während der Untersuchung zu ändern, gar nicht erst aufkommen zu lassen. Daneben darf die Lagerungsvorrichtung die Abbildung der zu untersu-

¹³¹ Vgl. GEO WISSEN (1995), S. 115

¹³² Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 424

chenden Körperregion nicht behindern; sie muß also aus möglichst homogenen Material mit geringem Strahlenschwächungsvermögen bestehen.“¹³³

- **erforderliche Strahlenschutzmaßnahmen**

„Zur Schonung der den zu behandelnden Stein umgebenden Gewebsstrukturen ist es wesentlich, die Ultraschallenergie in ihrer gebündelten Form möglichst nur auf den Stein einwirken zu lassen. Bei der Behandlung von Nierensteinen ist dies wegen der beträchtlichen Verschiebung der Nieren beim Atmen nur dann realisierbar, wenn durch eine geeignete Atemtriggerung des Ortungs- und des Behandlungssystems sichergestellt ist, daß die Steinortung und Stoßwellenanwendung bei gleicher Objektposition erfolgen.“¹³⁴

Der Patient muß vor einer Überanspruchung des Gewebes durch die Stoßwellen und vor den Röntgenstrahlen des Durchleuchtungsgerätes geschützt werden. Letzteres kann soweit möglich durch Bleischürzen vorgenommen werden. Die Stärke und Anzahl der Stoßwellen hängt von der Größe des Steins, der Verfassung des Patienten und dem bisherigen Behandlungserfolg ab. Der Stein wird im allgemeinen nicht nach der ersten Behandlung zertrümmert werden, meist sind mehrere Sitzungen notwendig. Im allgemeinen werden 1000 bis 3000 Schüsse innerhalb einer halben bis dreiviertel Stunde auf den Patienten abgegeben, der gegen die Schmerzen Schmerz- oder Beruhigungsmittel erhält, sobald dies notwendig ist. Nur bei besonders hartnäckigen Steinen wird eine Narkose fällig, maximal in 0,2 % der Fälle. Nach der Zertrümmerung des Steins, die am Monitor verfolgt wird, „ist dann die aktive Mitarbeit der Patienten gefragt: Sie müssen ihre Steinbrösel mit spezieller Gymnastik oder strampelnd auf dem Schüttelfahrrad zum „natürlichen Abgang“ bringen.“¹³⁵

Das Personal muß ebenfalls vor der Röntgenstrahlung der Durchleuchtung geschützt werden: Vor dem Schalter befindet sich eine Strahlenschutz-Plexiglasscheibe, die den Blick auf den Patienten und die Monitor ermöglicht, außerdem stehen immer Bleischürzen zur Verfügung. Theoretisch muß das Personal auch vor den Schallwellen geschützt werden, die zu Gehörschäden führen können. Ohrenstöpsel oder Mickey-Mäuse (Kopfhörer) isolieren aber das Personal akustisch von der Umgebung und werden deshalb nicht gerne angewendet.

3.3 Medizinische Großgeräte ohne ionisierende Strahlung: Kernspintomographie

Die Begriffe Kernspintomographie, Magnetresonanztomographie, Nuclear Magnetic Resonance Tomography, Magnetic Resonance Imaging stehen alle für das neueste Diagnose-Verfahren im medizinischen Bereich und haben die gleiche Bedeutung. Am gebräuchlichsten ist die Abkürzung MRT.

¹³³ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 399f.

¹³⁴ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 425

¹³⁵ GEO WISSEN (1995), S. 115



Abb. 45: Heutige Technik: GYROSCAN NT 15 von Philips
(Quelle: **Philips**, Prospekt über GYROSCAN NT 15 (1995))

• Wirkungsweise

„Das Gerät läßt Atomkerne im Körpergewebe mit Hilfe eines starken Magnetfeldes strammstehen, schubst sie dann mit Radiowellen an, bringt sie dadurch zum Torkeln und beobachtet schließlich, wie sie sich wieder aufrichten.“¹³⁶ Etwas wissenschaftlicher formuliert diese Tatsache Laubenberger: „Beim MR-Verfahren macht man sich die Eigendrehimpulse der Atomkerne zunutze. Die Atomkerne gleichen rotierenden Kreisel, die sich in für sie typischer Weise drehen. Die Atomkerne bestehen aus Protonen und Neutronen, den Nukleonen. (...) Nur Kerne von ungerader (unpaarer) Nukleonenzahl zeigen einen Drehimpuls (Kernspin), dessen Drehachse beliebig im Raum orientiert sein kann. (...) Wird jedoch ein stabiles äußeres Magnetfeld (...) auf die Kerne gelegt, (...) werden die Spins durch das äußere Magnetfeld ausgerichtet. (...) Nach der Ausrichtung durch das äußere Magnetfeld führen die Kerne zusätzlich eine Kreiselbewegung um die Feldlinien des äußeren Magnetfeldes aus. (...) Die Ausrichtung der Kernspins bestimmter Atome kann durch Hochfrequenzimpulse (...) gestört werden. Das bedeutet, wird ein Hochfrequenzimpuls (...) senkrecht zum Feldlinienverlauf des äußeren Magnetfeldes in den Körper eingestrahlt, werden die Spins im Feld (...) umgeklappt. (...) Nach Beendigung des HF-Impulses klappen die Kernspins in ihre Ausgangsposition, in die Nord-Süd-Richtung des äußeren Magnetfeldes zurück. Die sich zurückdrehenden Kernspins erzeugen ein Induktionsfeld, dessen Spannungsverlauf über die HF-Spule (Sende- und Empfangsspule) gemessen wird. (...) Die Rückkehr der Kernspins in ihre Ausgangsposition nennt man Relaxation.“¹³⁷ Die durch die Beweglichkeit der Moleküle beeinflusste Relaxationszeit läßt nicht nur Rückschlüsse auf morphologische und funktionelle Gewebeinformationen,¹³⁸ sondern auch auf die chemische Zusammensetzung des Gewebes zu.¹³⁹ Wesentlich ist bei der Untersuchung mit MRT die Abstimmung des Funksignals auf das darzustellende Gewebe, da Knochen, Gewebe oder Blut unterschiedliche Funksignale benötigen. Der Arzt muß also vorher wissen, wonach er sucht.¹⁴⁰

¹³⁶ GEO WISSEN (1995), S. 115

¹³⁷ LAUBENBERGER, T. (1990), S. 374 ff.; vgl. auch: KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 138f.; vgl. auch: ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 34

¹³⁸ Vgl. WILICH, E. (HRSG.) (1988), S. 126

¹³⁹ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 143; vgl. auch: O. V. (1988a), S. 509

¹⁴⁰ Vgl. ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 37

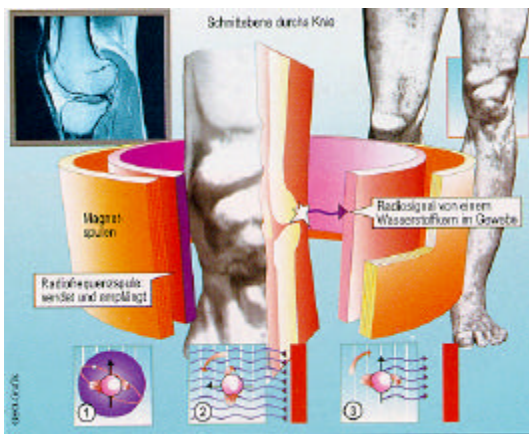


Abb. 46: Schematische Darstellung der Funktionsweise eines MRT
(Quelle: GEO WISSEN (1995), S. 103)

• Geschichtlicher Überblick

Das Prinzip der Kernspinresonanz wurde bereits 1946 von Bloch und Purcell entdeckt. Erst 1974 entwickelte man Möglichkeiten, dieses Prinzip medizinisch zu nutzen. Lauterbur stellte 1974 ein Schnittbild durch eine Maus her. Mansfield schaffte 1977 einen MR-Ganzkörperscan des menschlichen Brustkorbs.¹⁴¹ Da erst seit den 80er Jahren das MR-Verfahren zur gängigen Diagnose-Methode geworden ist, steht es heute noch am Anfang seiner medizinischen Anwendung, so daß noch viele Ergebnisse erwartet werden können. Neu erforscht wird derzeit die Kernspin-Spektroskopie zur Untersuchung von Stoffwechselvorgängen im Gewebe, einem Organ oder im Gehirn. Durch die sich von gesundem Gewebe unterscheidenden biochemischen Vorgänge bei bösartigen Tumoren könnten diese dann frühzeitig erkannt werden.¹⁴²

Zukünftig wird es einen Teil der röntgendiagnostischen Methoden ersetzen.¹⁴³ Dies ist deshalb besonders wünschenswert, weil bis heute noch *keinen schädliche Wirkungen* für den Menschen durch Hochfrequenzwellen oder hohen magnetischen Feldstärken bekannt geworden sind.¹⁴⁴ „Zwar haben Forscher eine vorübergehende Erwärmung des Gewebes, veränderte Enzymwirkungen und irreguläre Hirnströme festgestellt. Trotzdem sind dauerhafte Schäden nach heutigem Wissensstand unwahrscheinlich.“¹⁴⁵

• Gerätetechnik

Die Magnetresonanztomographie kommt also *ohne ionisierende Strahlung* aus und bietet darüber hinaus dreidimensionale *Darstellungsmöglichkeiten* in beliebiger Orientierung.¹⁴⁶ Ist das Strahlungsfeld stark genug und die Störeinflüsse durch die Umgebung gering genug,¹⁴⁷ bringen die Bilder durch hohe Kontrastunterschiede in gesunden und pathologischen, besonders in weichem Gewebe sehr gute Ergebnisse. Die bildhafte Darstellung durch die Magnetresonanztomographie basiert ausschließlich auf Elementen mit unpaarer Nukleonenzahl: Wasserstoff, Kohlenstoff, Fluor,

¹⁴¹ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 374

¹⁴² Vgl. ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 37

¹⁴³ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 374

¹⁴⁴ Vgl. GEO WISSEN (1995), S. 103, vgl. auch: LAUBENBERGER, T. (1990), S. 374; vgl. auch: HÜBNER, M. (1996)

¹⁴⁵ Vgl. GEO WISSEN (1995), S. 104; vgl. auch: ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 34; vgl. auch: BFS (HRSG.) (1993B), S. 23; vgl. auch: BFS (HRSG.) (1993C), S. 347 ff.

¹⁴⁶ Vgl. WILlich, E. (HRSG.) (1988), S. 126

¹⁴⁷ Vgl. KRESTEL, E. (HRSG.) (1988), S. 138 b

Natrium, Phosphor. Im menschlichen Körper kommen Wasserstoffatome überall vor und werden deshalb mit den zur Zeit vorhandenen technischen Mitteln zur Diagnose anhand ausreichend kontrastreicher Bilder genutzt.¹⁴⁸

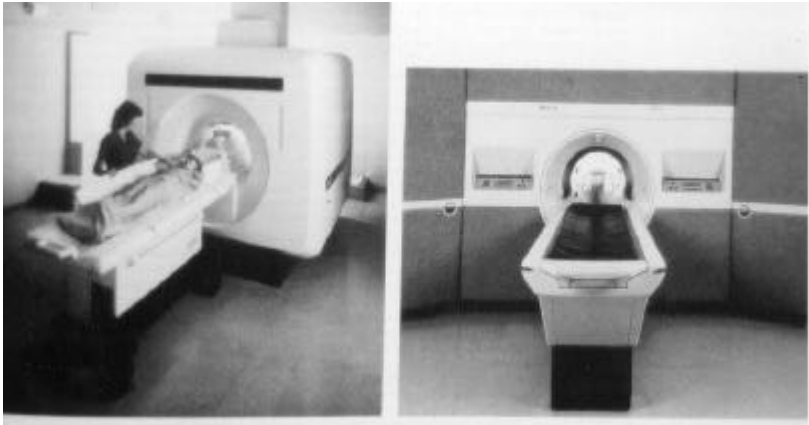


Abb. 47: *Magnetic resonance imaging system (freistehend), GE Medical Systems, Milwaukee, WI.*
Magnetic resonance imaging system (eingebaut), Picker International, Highland Heights, OH
(Quelle: MALKIN, J. (1989), S. 231)

Ein MRT besteht aus dem Magneten mit einem *Shimspulen-* und einem *Gradientenspulensystem* aus mehreren Gradientenspulen, die eine dreidimensionale Zuordnung im Raum ermöglichen und die Schichttiefe im Körper bestimmen. Das HF-System als ringförmige, den Patienten umgebende Spule, besteht aus einer kombinierten Sendeeinrichtung für die HF-Impulse und einer Empfangseinrichtung für die Kernresonanzsignale. Die Qualität der Bilder wird beeinflusst durch Magnetstärke und die Feldhomogenität des Magneten.¹⁴⁹ Der Magnet muß so nah wie möglich am Patienten sein, damit die Feldstärke gut ausgenutzt werden kann und die Störungen durch die Umgebung so gering wie möglich bleiben. Um so geringer die wirksame Feldstärke, desto größer wirken die Störungen.



Abb. 48: *Kernspintomograph in Hufeisenmagnetform, Öffnung etwa 50cm, im Alfred Krupp Krankenhaus, Essen*
(Quelle: ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 36)

¹⁴⁸ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 374 ff.

¹⁴⁹ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 380 ff.



Abb. 49: Kernspintomograph in Hufeisenmagnetform, Öffnung etwa 50cm, Alfried Krupp Krankenhaus, Essen
(Quelle: ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 37)

Zur Zeit gibt es folgende *Magnetsysteme*: resistente Luftspulen-Magnete, eisenabgeschirmte resistente Magnete, supraleitende Magnete und Permanentmagnete. In der Medizin kommen die supraleitenden Magnete von Feldstärken von 0,5 bis 1,5 Tesla¹⁵⁰ zum Einsatz. Sie werden im Betrieb mit flüssigem Helium fast bis zum absoluten Nullpunkt (-269°C) abgekühlt, wodurch ein elektrischer Strom nahezu ohne Widerstand in der Spule fließen kann. Um das Verdampfen des teuren flüssigen Heliums zu verhindern, wird es mit flüssigem Stickstoff gekühlt.¹⁵¹



Abb. 50: Heutige Technik: MAGENTOM Open von Siemens ohne „Gantry“¹⁵²
(Quelle: SIEMENS, Prospekt über MAGENTOM Open (o. J.))

Anwendungsmöglichkeiten

Da der MRT bei der *Darstellung von Weichteilen* sehr kontrastreiche Bilder ermöglicht, können mit ihm Entzündungsherde im Gehirn und Rückenmark, damit also auch Multiple Sklerose, festgestellt, Blutgefäße abgebildet, Knochenmarkserkrankungen sichtbar und Tumore im Kopf gefunden

¹⁵⁰ Anm.: 1 Tesla [Vs/m^2] ist die Einheit der magnetischen Induktion und beschreibt die Flußdichte, die magnetische Feldstärke beschreibt sich durch Stromstärke I [A] je Meter [m]

¹⁵¹ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 380 f.

¹⁵² Gantry: Hiermit ist die Röhre gemeint, in die der Patient geschoben wird.

werden.¹⁵³ Nachteilig sind die momentan noch sehr langen Meßzeiten von bis zu 45 Minuten, wodurch einerseits die Anzahl der Patientenuntersuchungen gering bleibt und andererseits Schwierigkeiten mit unruhigen Patienten, insbesondere bei Kindern auftreten. Trotzdem haben sich die Meßzeiten im Vergleich zu früher schon sehr verkürzt, so daß sogar einzelne Phasen der Herzklappenbewegung erfaßt werden können.¹⁵⁴ Besonders hervorzuheben sind klaustrophobische Ängste, die der Patient durchstehen muß. Da die Patienten jedoch an einem Ergebnis ohne Bildartefakte interessiert sind, damit eine sichere Diagnose gestellt werden kann, konzentrieren sich die meisten Patienten sehr stark und können so diese Zeit überstehen. Erschwerend kommt hinzu, daß bei jedem notwendigen Umschalten des Stromflusses zwischen den drei Gradientenspulen ein lauter Knall entsteht. Dieses ohrenbetäubende Geräusch wird häufig durch Ohrenstöpsel oder Kopfhörer gedämpft.¹⁵⁵ Zur Ablenkung bietet der Gerätehersteller Philips die Möglichkeit, daß der Patient während der Untersuchung Musik aus dem eingebauten Lautsprecher hört.

• erforderliche Strahlenschutzmaßnahmen

Beim MRT müssen das magnetische Feld *und* die HF-Impulse abgeschirmt werden. Einerseits muß die Beeinflussung der Umgebung durch den Magneten bzw. die HF-Signale ausgeschlossen und andererseits muß die Beeinträchtigung der Homogenität des Magnetfeldes sowie die Störung der HF-Impulse durch äußere Einflüsse verhindert werden. Deshalb muß auch der Stahlanteil im Bauwerk, der die Homogenität des Meßfeldes mindert, insbesondere unterhalb des Magneten, beachtet werden.¹⁵⁶



Abb. 51: Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, MRT-Raum, Eisenabschirmung

¹⁵³ Vgl. GEO WISSEN (1995), S. 103

¹⁵⁴ Vgl. ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 36

¹⁵⁵ Vgl. GEO WISSEN (1995), S. 104

¹⁵⁶ Vgl. O. V. (1988a), S. 510



Abb. 52: Universitätsklinikum Dresden, 13.08.1996, MRT-Raum mit HF-Abschirmung und Deckenöffnung

Der Magnet wird durch bis zu 2 cm dicken sehr schweren *Eisenplatten* und die HF-Impulse durch eine empfindliche *Kupferfolie* abgeschirmt, was sehr aufwendig und damit teuer ist. Die Abschirmung gegen das magnetische Feld ist deshalb notwendig, da Personen mit Herzschrittmachern, Insulinpumpen und ferromagnetischen Substanzen (sogenannte Kontraindikationen) wie z. B. chirurgische Nägel oder Operationsclips im Körper, in Gefahr kommen würden. Die elektronischen Teile in Geräten wie Herzschrittmacher, Uhren und Fotoapparate reagieren in der Nähe von großen Magneten unkontrollierbar. Für Herzschrittmacher gilt die Grenze von 0,5 mT, für Uhren, Fotoapparate 3 mT. Die Magnetstreifen auf Scheckkarten werden gelöscht. Außerdem können ferromagnetische Teile wie z. B. Werkzeuge zu regelrechten Geschossen werden. Deshalb müssen wegen der Verletzungsgefahr solche Dinge in ausreichender Entfernung aufbewahrt werden¹⁵⁷ oder aus amagnetischen Materialien bestehen, wie z. B. Titan oder Aluminium. Der kleine Prüfmagnet in der Tasche des Bauleiters ist unerlässlich.¹⁵⁸

¹⁵⁷ Vgl. WILLICH, E. (HRSG.) (1988), S. 336

¹⁵⁸ Vgl. O. V. (1988a), S. 510

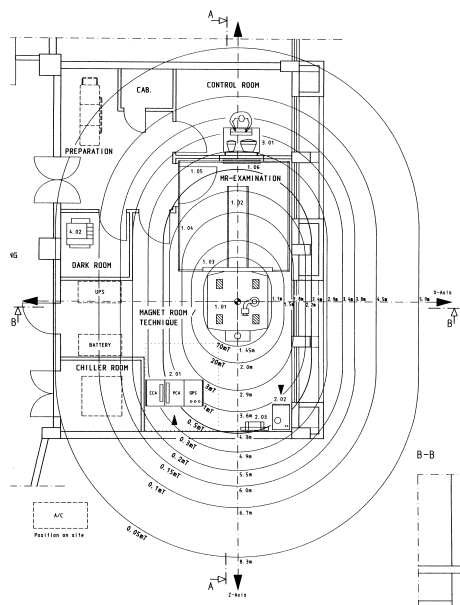
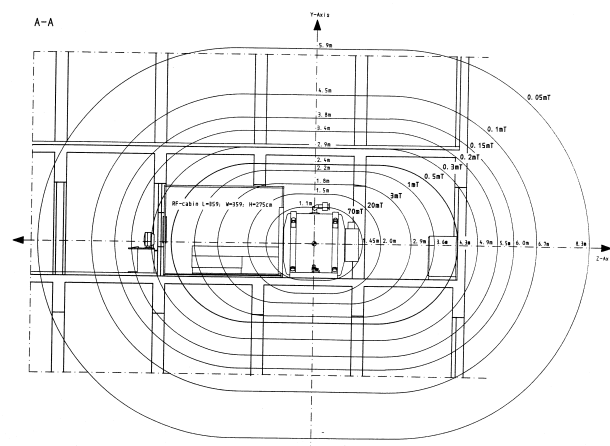


Abb. 53: Magnetfeldliniendiagramm

(Quelle: SIEMENS: Magnetom Impact, Project Plan, Customer Release Acknowledgement



(1995))

Abb. 54: Magnetfeldliniendiagramm

(Quelle: SIEMENS: Magnetom Impact, Project Plan, Customer Release Acknowledgement (1995))

Die Statik wird durch das hohe Gewicht des MRT, das zwischen 6 und 12, teilweise bis 18 Tonnen liegt, sehr beeinflusst, so daß in vielen Gebäuden der MRT nur im Keller untergebracht werden kann. Die Anschaffungskosten sowie die Betriebskosten sind ebenfalls hoch. Hier muß insbesondere auf den teuren Heliumverbrauch hingewiesen werden. Die gesamte Installation wird von den Herstellerfirmen geplant und von deren Technikern vor Ort durchgeführt. Diese sind also unbedingt frühzeitig zur Planung zu befragen.

3.4 Zusammenfassung diagnostische medizinische Großgeräte

	Röntengeräte X-Ray	Nuklearmedizin	Ultraschall Ultrasonic	Computer- tomographie	Magnetreson- sanztomographie
Funktions- prinzip	keine radioaktive Strahlung, erzeugt in Vakuumröhren: Kathodenstrahlen treffen mit hoher Geschwindigkeit auf Materie	Entsteht bei radioaktiven Zerfallsprozessen natürlicher und künstlicher Radionuklide	elektrische Spannung versetzt Piecokristalle in Schwingung, die Longitudinalwellen (Schallwellen) erzeugen	keine radioaktive Strahlung, erzeugt in Vakuumröhren: Kathodenstrahlen treffen mit hoher Geschwindigkeit auf Materie	elektromagnetische Strahlung im Hochfrequenzbereich; Ausrichtung von Atomkernen entlang von Feldlinien
für Diagnostik verfügbar ab	1896	ca. 1950	ca. 1960	ca. 1970	ca. 1980
für Therapie verfügbar ab	ca. 1912	ca. 1940	z. Z. in der Entwicklung	-	-
Risiken und Erläuterungen	Diagnostik: wichtigstes Diagnoseverfahren; maßgebend für die Gefährdung ist die im Patienten absorbierte Energie Therapie nur in geringem Umfang, da mit radioaktiver Bestrahlung wirksamere Verfahren verfügbar sind	Diagnostik: mit beta- und gammastrahlenden Kontrastmitteln, also relativ hohe Strahlenbelastung für den Patienten Therapie Tumorbehandlung mit Beta- / Gammastrahlern und Linearbeschleunigern, letztere mit weniger Gefährdungspotentialen; hohe Strahlenbelastung für den Patienten	risiko- und nebenwirkungsfreie Diagnostik für Arzt und Patient	Diagnostik: kontinuierlich rotierende Röntgenstrahler / Meßsystem ohne Kontrastmittelzugabe; Scan-Zeit für ein Ganzkörper-CT beträgt heute weniger als 1 s; also kurze Behandlungszeiten mit maßgeblich kleinerer Bestrahlungsdosis	risiko- und nebenwirkungsfreie Diagnostik für Arzt und Patient
Strahlenschutz für Bedienpersonal	gering bis mittel Pb 0,3 - 2,1	Diagnostik: gering bis mittel Pb 0,5 - 2,1 Therapie hoch mit Pb > 3,0	nicht erforderlich	mittel Pb 1,0 - 2,1	nicht erforderlich; jedoch magnetische und HF-Abschirmung notwendig
Digitale Radiologie	Seit etwa 1980 gibt es digitale Radiologie mit der Aufnahme auf Speicherfolien und der Dokumentation auf elektronischen Datenträgern. Röntgenfilme sind nicht mehr erforderlich, die Bilddatenspeicherung auf Patientencheckkarte ist in Vorbereitung. Die Bildschirmdarstellung ist für alle Verfahren geeignet. Auch sind Bildfusionen unterschiedlicher Verfahren möglich. So sinkt durch die Vermeidung von Mehrfachaufnahmen die Strahlenbelastung für den Patienten erheblich.				

Abb. 55: Zusammenfassung diagnostische medizinische Großgeräte
(in Anlehnung an: DESAG - DEUTSCHE SPEZIALGLAS AG (o. J.), Anlage 2)

4 Grundlagen der Psychologie

In den Kapiteln 1 bis 3 ging es um physikalische Grundlagen der ionisierenden Strahlung, Grundlagen des Strahlenschutzes und um die technische Anwendung der Strahlen in medizinischen Großgeräten.

Um die Wirkung von solchen großen Apparaten und deren baulicher Hülle beurteilen zu können, stehen verschiedene *Methoden der Psychologie* zur Verfügung. Die erste (Umweltpsychologie) beschäftigt sich mit der Beurteilung einer Umwelt als Ganzes, die zweite (Crowdingforschung) versucht, anhand von Einzelbewertungen ein Urteil für das Ganze zu finden. Die Methode der Umweltpsychologie wäre ein sehr interessanter Lösungsansatz, benötigt jedoch eine Patientenbefragungen. Da dies den Rahmen der Arbeit sprengen würde, muß eher auf die Methode des Crowding zurückgegriffen werden, obwohl sie den Gesamteindruck nur bedingt analysieren kann.

Im Anschluß daran folgen einige Aspekte zur medizinischen Psychologie, zur Verfassung des Patienten sowie zum Befinden des Personals.

4.1 Umweltpsychologie

Die *Umweltpsychologie* beschäftigt sich mit dem Wohlbefinden des Menschen in verschiedenen Umwelten. Unter Umwelt verstehen sie *alles*, was innerhalb des Wahrnehmungsbereichs eines Menschen fällt. Um die Qualität einer Umwelt zu beschreiben, bedürfte es einer unvollkommenen unendlichen Liste an Charakteristika, anhand derer die Eigenschaften einer Umwelt genannt werden. Dies ist jedoch ein unzureichendes Mittel, da die Umwelt nicht als *Ganzes* beschrieben werden kann, zumal sich die Umwelt auf die verschiedenen Menschen unterschiedlich auswirkt. Die Umweltpsychologen haben daher eine alles erfassende Methode entwickelt, welche die individuell unterschiedlichen Reaktionen auf bestimmte Orte beschreiben kann. Anstatt eine Fülle von Beobachtungen zu tätigen, treffen sie Verallgemeinerungen: Die wichtigsten Kategorien, mit der ein Mensch reagieren kann, sind *Annäherung* oder *Meidung*, was natürlich sehr viele verschiedene Verhaltensarten umfaßt. Annäherung oder Meidung bezieht sich nicht nur darauf, daß ein Mensch sich einer unangenehmen Umwelt physisch durch Weggehen entziehen kann, sondern auch auf Situationen, denen er sich physisch nicht entziehen kann. Auch die *Leistung*, die er in einer Umwelt zu verbringen mag, ist ein Aspekt zur Beschreibung. Annäherungskomponenten und Meidungskomponenten beeinflussen seine Leistungsfähigkeit. Die optimale Umwelt für eine bestimmte Leistung oder Tätigkeit kann für eine andere Aufgabe genau die falsche sein. Grundsätzlich ist ein Annäherungsverhalten positiv, ein Meidungsverhalten negativ besetzt. Es sollen also möglichst Umwelten geschaffen werden, die ein Annäherungsverhalten oder Anschlußsuche verursachen, was sich in Augenkontakt, Lächeln, Nicken, Grüßen, Freundlichkeit usw. zeigt. Jedoch wissen die meisten nicht, wie sie dies erreichen können. Die Lösung ist eigentlich sehr einfach, geradezu banal: *Die Tätigkeiten müssen mit den Orten zur Deckung gebracht werden.*¹⁵⁹

Eine wesentliche Annahme für die Lösung ist, daß alles, was die Menschen tun, letztlich von ihren *Gefühlen* geleitet wird. Diese Gefühle sind, so die weitere Annahme, etwas durchaus Greifbares: Eine bestimmte Umwelt verursacht bei einem Menschen gewisse emotionale Reaktionen. Diese

¹⁵⁹ Vgl. MEHRABIAN, A. (1978), S. 7-14; vgl. auch: KUNZE, M. (1994), Kurzfassung S. 0

bewirken, daß er sich einer Umwelt mehr oder weniger nähert oder sie mehr oder weniger meidet, wodurch er auch wieder seine Umwelt beeinflusst.¹⁶⁰

Die Umweltpsychologen haben ein System entwickelt, mit dem sie verschiedene Umwelten beschreiben und daher miteinander vergleichen können. Ganz wesentlich ist dabei das *Reizvolumen*, nämlich „die Menge von Informationen, die pro Zeiteinheit in der Umwelt enthalten sind oder wahrgenommen werden.“¹⁶¹ Eine Reihe von Adjektiven steht zur Verfügung, die das Reizvolumen einer jeden beliebigen Umwelt beschreiben können:

reizstark:	reizarm:
gewiß	ungewiß
abwechslungsreich	redundant
komplex	einfach
neuartig	vertraut
großdimensioniert	kleindimensioniert
kontrastreich	ähnlich
dicht	spärlich
lückenhaft	kontinuierlich
ungewohnt	gewohnt
heterogen	homogen
überfüllt	leer
asymmetrisch	symmetrisch
nah	fern
bewegt	ruhig
selten	gewöhnlich
zufällig	strukturiert
unwahrscheinlich	wahrscheinlich

Abb. 56: *Eigenschaften zur Beschreibung von Umwelten*
(in Anlehnung an: MEHRABIAN, A. (1978), S. 16)

Das Reizvolumen wirkt als *input* und verursacht einen *output* in Form einer verhaltensmäßigen Reaktion. Die Dimensionen, die zwischen input und output vermitteln sind:¹⁶²

Erregung	Nichterregung
Lust	Unlust
Dominanz	Unterwerfung

Abb. 57: *Die drei Dimensionen der Gefühle*
(in Anlehnung an: MEHRABIAN, A. (1978), S. 23-25)

Diese drei Dimensionen stellen das *Grundmuster* dar, mit dem alle Gefühle beschrieben werden können. Jedes Gefühl läßt sich durch eine bestimmte Kombination der drei Dimensionen beschreiben:¹⁶³ „Eine Umgebung, in der ein Mensch wenig Erregung, leise Lust, und eine gewisse Dominanz verspürt, wird stets als heimelig, gemütlich oder vergnüglich wahrgenommen, und der Mensch fühlt sich darin gut, entspannt oder zufrieden.“¹⁶⁴ Diese drei Dimensionen lassen sich tat-

¹⁶⁰ Vgl. MEHRABIAN, A. (1978), S. 14 f.

¹⁶¹ MEHRABIAN, A. (1978), S. 16

¹⁶² Vgl. MEHRABIAN, A. (1978), S. 23

¹⁶³ Vgl. MEHRABIAN, A. (1978), S. 23-25

¹⁶⁴ MEHRABIAN, A. (1978), S. 27

sächlich auf die vielen verschiedenen Menschen anwenden, da ihre Gemeinsamkeiten weitaus zahlreicher sind als ihre Verschiedenheiten.¹⁶⁵

Allerdings unterscheiden sich die Menschen in der wesentlichen Persönlichkeitsdimension *Reizabschirmung*. Diese Reizabschirmung, mit der ein Mensch das Reizvolumen der Umwelt und sein Erregungsniveau reduziert, ist bei manchem recht gering (*Nichtabschirmer*) und bei manchem relativ hoch (*Abschirmer*). Ein höheres Reizvolumen erregt einen Nichtabschirmer stärker als einen Abschirmer und führt bei ihm zu höheren und längerzeitigen Erregungsreaktionen. Häufige und sehr hohe Erregungszustände sind nicht lange auszuhalten, die Körpersysteme werden überlastet und Ermüdung setzt ein. Nichtabschirmer erreichen diese maximal erträglichen Erregungszustände rascher und häufiger als Abschirmer. Außerdem sind Nichtabschirmer durch ihr hohes Einfühlungsvermögen empfänglicher für subtile Veränderungen ihrer Umwelt und reagieren heftiger auf diese Veränderungen.¹⁶⁶

Ein Beispiel für eine Umwelt, die einem Patienten im Krankenhaus sehr unangenehm sein kann, ist folgendes: „Wir müssen uns darüber klar sein, daß es ein traumatisches Erlebnis sein kann, wenn man zum ersten Mal in eine Heilanstalt aufgenommen wird. Der neuaufgenommene Patient hat mit überwältigenden Problemen zu tun gehabt, die sich seinem Einflußvermögen zu entziehen scheinen und mit denen er allein nicht fertig wird. Zu dieser Quelle der Angst kommt die übermäßige Reizbelastung durch eine Kette ungewohnter Interaktionen mit den Ärzten der Heilanstalt hinzu. Bei der Untersuchung der Probleme, die den Patienten in die Anstalt führten, sind die Ärzte häufig zu dringlich, und der Patient wird häufig gezwungen, einer Vielzahl von Fremden seine intimen Probleme zu erzählen. Außerdem verspürt der Patient große Ungewißheit darüber, was nun genau mit ihm nicht stimmt, was mit ihm geschehen wird, und wie lange er dableiben muß. Derartige Fragen sind für die Ärzte schwer zu beantworten und werden gewöhnlich offengelassen. Dadurch bleiben diese Ungewißheiten und das damit zusammenhängende hohe Erregungsniveau bestehen.“¹⁶⁷

Dieses Beispiel kann anhand des oben beschriebenen Reizvolumens analysiert, seine emotionalen Reaktionen erkannt und auf seine persönliche Reizabschirmung übertragen werden. Um die Situation für den Patienten jedoch verbessern zu können, ist es notwendig, die Ursachen für das erhöhte Erregungsniveau zu erkennen. Dies ist bei der Methode der Umweltpsychologie schwieriger als bei der Crowdingforschung.

4.2 Sozialpsychologie und Umweltgestaltung - Crowdingforschung

Nun soll ein kurzer Abriß über grundlegende konzeptuelle Überlegungen und empirische Ergebnisse aus der *Crowdingforschung* vorgestellt werden, die für die planerische Gestaltung baulich-räumlicher Umweltbedingungen von Bedeutung sein können. Die Crowdingforschung beschäftigt sich mit den negativen gefühls- und verhaltensmäßigen Reaktionen von situativen Bedingungen *hoher räumlicher oder sozialer Dichte*, was subjektiv als *Beengung* erlebt werden kann. Zur Erklärung des Crowding-Phänomens schlägt Schlutz-Gambard ein handlungstheoretisch orientiertes Streßkonzept vor, das die komplexen Bereiche unterschiedlicher Sachverhalte von Crowding differenzierbar und damit vergleichbar macht. *Beengungsstreß* wird ausgelöst durch erhöhte Wahrneh-

¹⁶⁵ Vgl. MEHRABIAN, A. (1978), S. 27

¹⁶⁶ Vgl. MEHRABIAN, A. (1978), S. 28-32

¹⁶⁷ MEHRABIAN, A. (1978), S. 162

mungsstimulation, stark verringerte Interaktionsdistanzen, verknäppte Ressourcen und erhöhte Störungen zielgerichteter Verhaltensfolgen sowie die verstärkte Präsenz anderer Personen. Räumliche oder soziale Dichte führt zu einem unterschiedlichen Beengungserleben. Beide Dichtearten wirken zusammen auf den Menschen und beeinflussen ihn in seinem Befinden. Diese werden in einer Simulationsstudie anhand einer Reihe von *Einzelmerkmalen* nach Fragebögen untersucht und ausgewertet. Beengung kann ausgeglichen werden durch räumliche und/oder soziale Weite. Räumliche Weite ist dabei dreidimensional. Nicht nur die Raumgröße und -höhe, sondern auch die Höhe, in welcher der Raum im Gebäude liegt, wirken sich auf Beengungsgefühle aus. Farben, Belichtung, visuelle Ablenkungsmöglichkeiten als „optische Fluchtmöglichkeiten“, Orientierungsmöglichkeiten usw. werden dann auf ihre Einflußmöglichkeiten auf Beengungsstreß untersucht. Jedoch sind keine allgemeingültigen Aussagen zu formulieren, da die Dichtebedingungen für unterschiedliche Gruppen von Menschen andere Auswirkungen haben.¹⁶⁸ Allerdings lassen sich aus den empirischen und theoretischen Befunden allgemeine Gestaltungshinweise für *einen planerischen Einzelfall* ableiten. So kann die Aufgabe der Crowdingforschung weniger im Interventions- und Evaluationsbereich, sondern eher „in der beratenden Durchleuchtung von Planungsproblemen hinsichtlich relevanter Erlebens- und Verhaltensaspekte“ anhand von einem beengungsstreßbezogenen Abfragesystem, einer „*Crowding-Checklist*“ liegen.¹⁶⁹

4.3 Erwartungen und Bedürfnisse der einzelnen Nutzergruppen

Eine solche Crowding-Checklist bezieht sich also auf einen planerischen Einzelfall und richtet sich nach den Nutzergruppen. Diese bestehen im Krankenhaus neben Angehörigen und Besuchern aus dem Personal und den Patienten.¹⁷⁰ Erstere spielen in den Bereichen Strahlentherapie, Lithotripsie und Kernspintomographie nur eine untergeordnete Rolle, so daß ihnen kein eigenes Kapitel gewidmet wird. Im Kapitel 4.3 werden die Erwartungen und Bedürfnisse der Nutzergruppen Personal und Patienten beschrieben und daraus Ziele der baulichen Umwelt in Form von allgemeinen Planungsansätzen abgeleitet.

4.3.1 Personal

Das Pflegepersonal kann durch das baulich architektonische Milieu in der Bewältigung von auftretenden Belastungen unterstützt werden: Effektives Arbeiten wird durch ausreichend Platz ermöglicht, der bauliche Rahmen soll es ermöglichen psychosoziale Belastungen abzubauen, indem das Personal seine Vorstellungen zur Ausübung seines Berufs verwirklichen kann (z. B. Sterbebegleitung auf einer Pflegestation). Physisches und psychisches Wohlbefinden am Arbeitsplatz kann durch angenehme Sozialräume, die auch eine gewisse Privatheit aber auch soziale Kontakte ermöglichen, erreicht werden. Grundlage für diese Thesen sind Ergebnisse von Untersuchungen, die ergeben haben, daß das räumlich-architektonische Milieu als Stressor wirken kann und eine gute Gestaltung der physischen Umgebung die Zufriedenheit des Personals ermöglicht.¹⁷¹

¹⁶⁸ Vgl. SCHULTZ-GAMBARD, J. / HOMMEL, B. (1987), S. 251-260

¹⁶⁹ SCHULTZ-GAMBARD, J. / HOMMEL, B. (1987), S. 262

¹⁷⁰ Vgl. SCHMIEG, P. (1987a), S. 13; vgl. auch: CLAUDSORD, L. (1994), S. 68; vgl. auch: SCHERLE, S. (1987), S. 743

¹⁷¹ Vgl. HEEG, S. (1991), S. 111

Es folgen daraus wesentliche Ziele: Die bauliche Gestaltung muß die Arbeitsabläufe, also die technische und funktionale Leistungsfähigkeit von Raum und Ausstattung, effektiv unterstützen und durch ein umweltpsychologisch „richtiges“ architektonisches Milieu das physische, psychische und soziale Wohlbefinden des Personals fördern und somit Umweltstress verhindern.¹⁷²

4.3.2 Patient

Der Patient wird durch seine Krankheit in seiner physischen und psychischen Unversehrtheit bedroht. Dadurch entsteht in ihm *Angst* und *Stress*, deren negativen emotionalen Empfindungen sich durch den Aufenthalt im Krankenhaus kumulieren. Die Angst, hervorgerufen durch Untersuchung und Behandlung und deren ungewissen Folgen,¹⁷³ durch die ungewohnte soziale, räumliche und administrativ-organisatorische Umgebung sowie durch die Trennung von Familie und Freunden, kann die Genesung und Operationserfolge beeinflussen.¹⁷⁴

Die *Krankenpflege* sichert die *biologischen, psychischen und sozialen Grundbedürfnisse* des Patienten und stärkt seine Selbsthilfefähigkeiten bzw. kompensiert Einschränkungen. Die wesentlichen *Erwartungen* des Patienten sind *Information, persönliche Zuwendung und Unterstützung bei der Überwindung der Sinnkrise*.¹⁷⁵ Eine Möglichkeit, dem Patienten zusätzliche Informationen zukommen zu lassen, ist Patientenfernsehen, wo sich der Patient in Ruhe Aufklärungs- und Informationssendungen zu seiner Untersuchungsmethode oder Therapie ansehen kann. Spezielle Fragen richtet er an das Personal.¹⁷⁶ Emotionale Zuwendung kann das Personal nur zeigen, wenn es sensibel ist für die emotionale Qualität des sprachlichen Ausdrucks, der Mimik und Gestik der Patienten. Dies ist nicht durch Apparate zu ersetzen und muß von dem Personal in Weiterbildung ständig geübt und reflektiert werden.¹⁷⁷

Die Patienten befinden sich in den *Untersuchungs- und Behandlungsräumen* häufig nur für eine kurze Zeit, so daß wegen ihrer *erhöhten Unsicherheit* mehr Information und Aufklärung über die vorzunehmenden Maßnahmen sowie eine verstärkte Hinwendung und größerer Zeitaufwand für den Patienten erforderlich ist. Die Apparatemedizin kann nur durch persönliche Zuwendung als psychischen Ausgleich kompensiert werden. Häufiger Personalwechsel sollte bei den Behandlungen vermieden werden, da der Verlust einer Bezugs- und Vertrauensperson zu einem Gefühl der Verlorenheit führen kann.¹⁷⁸

In der *Apparatemedizin* fühlt sich der Patient der Technik ausgeliefert. Da er diese komplizierten Systeme nicht mehr nachvollziehen kann, ist er irritiert und hat Angst. Womöglich beobachtet er, daß auch Ärzte kaum in der Lage sind, manche Geräte zu beherrschen, weshalb immer mehr Spezialisten eine Krankheit diagnostizieren, sie bewerten und gegebenenfalls therapieren.¹⁷⁹ Diese Angst wird etwas abgefedert, wenn der Patient ein Vertrauen in die Medizin und einen Glauben an

¹⁷² Vgl. HEEG, S. (1991), S. 112

¹⁷³ Vgl. ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 26, 29; vgl. auch: FÄRBER, C. VON (1991), S. 252

¹⁷⁴ Vgl. DUTKE, S. u. a. (1992), S. 329

¹⁷⁵ Vgl. FÄRBER, C. VON (1991), S. 250, 256

¹⁷⁶ Vgl. O. V. (1995), S. 665

¹⁷⁷ Vgl. FÄRBER, C. VON (1991), S. 252

¹⁷⁸ Vgl. STEUER, W. (1991), S. 437 f.; vgl. auch: ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 31

¹⁷⁹ Vgl. WINAU, R. (1993b), S. 393 f.

deren Fortschritt hat. Dieses Vertrauen kann ihm nur durch umfassende Information und Aufklärung durch den Arzt vermittelt werden. Diese Informationen empfindet der Patient als Zuwendung oder Sorge. Das bewältigt die Ungewißheit, einen großen Faktor der Angst. Wenn die Aufklärung auch Hoffnung gibt, befreit sie von Angst.¹⁸⁰

Obwohl der Patient durch die technische Entwicklung einen Gewinn hat, fühlt er sich gleichzeitig durch sie bedroht. „Das Gefühl, dem Apparat ausgeliefert zu sein, Teil der seelenlosen Maschine zu werden, stellt sich ein.“¹⁸¹ Ebenso stellt die Technik eine Bedrohung für das Personal dar, da es sich möglicherweise hinter der Technik versteckt, so sehr mit ihr beschäftigt ist, daß es die Bindung zum Patienten verliert. Das Personal muß sich dieser Problematik bewußt sein und darf die Technik nicht zum über den Patienten dominierenden Faktor werden lassen. Die Technik muß als ein *Hilfsmittel* im Prozeß der Krankheitserkennung und -heilung genutzt werden.¹⁸²

Außerdem entwickelt sich Patient immer mehr zu einem Kunden, der in Anspruch genommene Leistungen direkt oder indirekt bezahlt. Er erwartet also entsprechendes Leistungsniveau, auch in Form einer ansprechenden Umgebung. Krankenhäuser müssen ihren Stil nach außen zeigen, in Form einer Corporate Identity.¹⁸³ Krankenhausplanung, -betrieb und -organisation haben also auf die höhere Erwartungshaltung von Patienten einzugehen.¹⁸⁴

4.3.3 Ziele der baulichen Umwelt - Planungsansätze

Im letzten Abschnitt ging es um die Verfassung des Patienten. Bei einer bevorstehenden Untersuchung oder Behandlung mit medizinischen Großgeräten wird der Patient von zwei wesentlichen Gesichtspunkten beeinflusst: *Angst* und *Schmerz*. Die unterschiedlich starken *Schmerzen*, die im engen Zusammenhang mit der jeweiligen Erkrankung stehen, sind Aufgabe der Ärzte und des medizinischen Personals. Die *Angst* wird hervorgerufen durch die Untersuchung und Behandlung, die fremde soziale und räumliche Umgebung. An dieser Stelle sind die Architekten gefordert, diese Ängste durch die bauliche Hülle zu verhindern oder zu kompensieren.

In diesem Kapitel wird es hauptsächlich um die Sicht der Patienten gehen. Dies hat folgenden Hintergrund: Befragt man Bekannte, die gerade aus einem Krankenhaus entlassen wurden, nach ihren Erlebnissen, bezieht sich die Antwort in der Regel zuerst auf die Beziehung zum Personal. War diese Beziehung freundlich und umsorgend, wird man über den gesamten Aufenthalt kaum etwas Negatives hören. War das Personal jedoch unfreundlich und gleichgültig, werden bauliche Mängel zum Gesprächsthema. Dinge, die im ersten Fall nicht einmal bemerkt werden wurden, werden im zweiten Fall so wichtig, daß sich der Patient täglich darüber ärgert. Deshalb sollten hier bauliche Mängel vermieden werden und eine insgesamt angenehme räumliche Umgebung geschaffen werden. Dies wiederum wirkt sich positiv auf die Stimmung des Personals aus - und damit wieder auf die Beziehung zum Patienten. So schließt sich der Kreis und die Prämisse gilt: Ist die Raumatmosphäre dem Patienten angenehm, so fühlt sich auch das Personal wohl.

¹⁸⁰ Vgl. ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 33, 78, 147 ff.

¹⁸¹ ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993), S. 34

¹⁸² Vgl. WINAU, R. (1993b), S. 295

¹⁸³ Vgl. CLAUSDORF, L. (1995), S. 277

¹⁸⁴ Vgl. STEUER, W. (1991), S. 437 f.

Die Ansprüche an die *bauliche Umgebung* lassen sich zu Zielen formulieren:

- „Sie soll Vertrauen in das Krankenhaus vermitteln.
- Sie soll keine Ängste erzeugen, sondern abbauen helfen.
- Sie soll den Heilungsprozeß unterstützen.
- Aufenthalts- und Wartebereiche sollen zum Verweilen einladen.
- Die Atmosphäre soll anregen und nicht aufregen.“¹⁸⁵

Hinter diesen Zielen stehen die Fragen „Könnte ich mich selbst hier wohlfühlen, wenn ich Patient oder Mitarbeiter bin? Würde ich einen Angehörigen hier ohne Gewissensbisse unterbringen können?“¹⁸⁶ Die Autoren Mühlich-Staden und Mühlich verwenden diese Fragestellung zwar zur Milieugestaltung von psychiatrischen Einrichtungen, jedoch sind sie sicherlich auf jeden medizinischen Bereich übertragbar.

Nun stellt sich die Frage: „Können bauliche Merkmale identifiziert werden, die die Entstehung von Angst beim Patienten bzw. seinen Bemühungen um die Bewältigung dieser Angst fördern oder hemmen?“¹⁸⁷ Untersuchungen haben festgestellt, daß die subjektive Bewertung baulicher Merkmale im Krankenhaus anhand von *zwei wesentlichen Aspekten* festgemacht werden kann:

Es gibt keine *architektonischen Merkmale* die „an sich“ als angsterzeugend zu bezeichnen wären:¹⁸⁸ „Es ist nicht ein einzelnes Situationsmerkmal, das Angst auslöst, sondern die kognitive Interpretation der Gesamtsituation, wenn sie Bedrohung oder Verlust antizipieren läßt. Die unterschiedliche Interpretation von »Unordnung« ist ein anschauliches Beispiel: Der Mülleimer oder das überfüllte Wandregal selbst ist nicht furchterregend. Werden die Details jedoch als Bestandteil einer insgesamt »chaotischen« Situation wahrgenommen, können Zweifel an der Professionalität der dort Arbeitenden wach werden. Dennoch muß sich der Patient während der Operation unter vollständigem Kontrollverlust in die Obhut der Mediziner begeben. Angstausslösend ist die Antizipation der daraus möglicherweise entstehenden Risiken, nicht die baulichen Merkmale selbst.“¹⁸⁹

Des weiteren sind es die *Handlungsbedürfnisse des Patienten*. Einerseits das kooperative Zulassen und Unterstützen von Handlungen anderer an sich selbst und andererseits das selbstregulatives Handeln zur Bewältigung des Angsterlebens. Diese Handlungsziele können durch räumliche Umgebung in unterschiedlichem Maße unterstützt werden.¹⁹⁰ Die räumliche Umgebung soll dabei *drei wesentliche Aufgaben* erfüllen:

Räumlichkeiten mit *verschiedenen Bereichen* bieten Geborgenheit in sozialen Situationen und ermuntern zu sozialem Kontakt. „*Natürliche*“ *Unordnung* als Produkt der Arbeit, die den Patienten „im Gegensatz zu pedantischer und kühl erscheinender Ordnung kaum“ stört, soll durch einen geeigneten architektonischen Rahmen zugelassen werden, der eine gewisse Ordnung gewährleistet aber übertriebenen Perfektionismus vermeidet. Chaotische Unordnung ist ebenso wenig vertrauens-erweckend wie chromblitzende Perfektion¹⁹¹ Unbekannte Situationen, Handlungen und Räume

¹⁸⁵ CLAUDSDORF, L. (1995), S. 274

¹⁸⁶ Vgl. MÜHLICH-STADEN C. VON / MÜHLICH, W. (1991), S. 214

¹⁸⁷ DUTKE, S. u. a. (1992), S. 330

¹⁸⁸ Vgl. DUTKE, S. u. a. (1992), S. 352

¹⁸⁹ DUTKE, S. u. a. (1992), S. 352

¹⁹⁰ Vgl. DUTKE, S. u. a. (1992), S. 352

¹⁹¹ Vgl. SCHERLE, S. (1987), S. 743

können Angst erzeugen, eine transparente, der *Orientierung* dienliche bauliche Maßnahmen können hier dem Patienten helfen, sich zu entspannen.¹⁹²

5 Gestaltungsmittel und Gestaltungsräume

Medizinische Bereiche können mit ihrem *individuellen Gestaltungskonzept* ihre Unternehmensidentität nach außen hin darstellen. Diese Corporate Identity wirkt sich „innerhalb des Praxisunternehmens auf die Mitarbeiter bezüglich ihrer Motivation und Leistungsbereitschaft, eventuell sogar auf das persönliche Wohlbefinden und auf die Identifikation mit ihrem Arbeitsplatz“ und „außerhalb der Praxis auf ihre Annahme durch Patientenschaft und auf ihre Kooperation von gegebenenfalls zuweisenden Arztkollegen“ aus.¹⁹³

Nach einer Analyse der Tätigkeiten können unter Einbeziehung der Nutzer mit dem entsprechenden Einfühlungsvermögen individuelle Räume entworfen werden.¹⁹⁴ Dafür ist eine räumliche Zonierung in öffentliche, halböffentliche und private Bereiche hilfreich, um den Mitarbeitern die notwendige Konzentration, Kontrolle und Distanz zu den Patienten zu ermöglichen.¹⁹⁵

Schwieriger wird die Gestaltung in speziellen Funktionsbereichen wie Kernspintomographie, Lithotripsie und Strahlentherapie in Bezug auf die Wünsche der Patienten. Die Patienten befinden sich in sehr unterschiedlicher emotionaler Verfassung, wenn sie zu einer Untersuchung oder Behandlung in einen dieser Bereiche kommen. Außerdem halten sie sich unterschiedlich lange in den verschiedenen Bereichen auf, so daß sie sich unterschiedlich intensiv mit den sie umgebenden Räumen auseinandersetzen können. Doch darauf wird in den einzelnen Kapiteln zu den Bereichen eingegangen.

Der wesentliche Ansatz für eine gelungene Gestaltung eines speziellen Funktionsbereichs ist also ein *übergeordnetes Gestaltungskonzept*. Dieses Konzept resultiert aus dem Entwurfsziel, das den Patienten unterbewußt beeinflussen soll. So kann ein Konzept eine heitere, fröhliche, sonnige, aber auch eine beruhigende, lösende, entspannende oder eine leichte, luftige, spielerische, unbefangene Atmosphäre bewirken. Dieses Konzept soll sich durch alle dazugehörigen Räume und Bereiche ziehen, um in der Einheitlichkeit die Wirkung zu stärken.¹⁹⁶

Für die Durchführung eines solchen Konzepts stehen *Gestaltungsmittel* wie Materialien, Farbe, Beleuchtung und Raum-, Ausstattungs-, Einrichtungs- und Dekorationsinstrumente wie Kunst und Pflanzen zur Verfügung. Außerdem können Decken-, Wand- und Fußbodengestaltung in das Gestaltungskonzept einbezogen werden.¹⁹⁷ Die baulichen Aspekte, also die tatsächliche Raumhülle ist in den meisten Fällen durch die bereits vorhandenen Gebäude vorbestimmt. Außerdem sind die Raumproportion, die Lage des Raumes im Gebäude und die Raumgröße häufig schon festgelegt. Leider muß in speziellen Funktionsbereichen derzeit oft ohne natürlichen Belichtung geplant werden, obwohl diese, insbesondere hinsichtlich klaustrophobischer Menschen, besonders wichtig ist für das Wohlbefinden von Patienten und Personal. Deshalb müssen auch unbelichtete Räume in die Betrachtungen einbezogen werden, da diese in der Mehrzahl im Krankenhaus vorkommen.

¹⁹² Vgl. DUTKE, S. u. a. (1992), S. 353

¹⁹³ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 9

¹⁹⁴ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 8; vgl. auch: JANßEN (1996)

¹⁹⁵ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 11

¹⁹⁶ Vgl. JANßEN (1996)

¹⁹⁷ Vgl. JANßEN (1996)

Voraussetzung für die Wirkung von architektonischer Umwelt ist die *Wahrnehmung*. Diese ist beeinflusst durch Kultur, Motivation, soziale, physiologische und psychologische Faktoren und durch viele weitere individuelle Aspekte. Rösler befaßt sich ausführlich mit den Erlebnisbedingungen des Patienten: Wahrnehmung, Gedächtnis, Lernen, Motivation, Emotionen und der Bewußtseinszustand spielen für die wechselseitigen Zusammenhänge von Krankheit und Erleben eine große Rolle.¹⁹⁸ Die Räume sollen also so flexibel gestaltet werden, daß sie eine individuelle Wahrnehmung ermöglichen. Dabei müssen die Bedürfnisse des Patienten ebenso wie die therapeutisch notwendigen Bedürfnisse beachtet werden. Günstig ist die Durchführung von Befragungen der verschiedenen Nutzer, dies würde jedoch den Rahmen der Arbeit sprengen. Bei einer solchen Befragung, eventuell anhand von Modell- und Fotosimulation, muß die individuelle Situation des Patienten beachtet werden. Die unterschiedliche Verfassung und Bedürfnisse der Patienten erschwert es, zu einer verallgemeinernden Aussage zu kommen.¹⁹⁹

Kunzes Ansatz, daß die visuelle Qualität des Krankenhauses sich aus der Summe verschiedener wahrgenommener Bilder in Abhängigkeit von der Dauer der Betrachtung zusammensetzt²⁰⁰ kann nicht ohne Einschränkung gefolgt werden: Die Dauer spielt für den persönlichen Eindruck eines Raumes keine Rolle. Es sind viele verschiedene Aspekte, die zu einem positiven oder negativen Eindruck führen. Eine besondere Rolle spielt dabei viel eher die persönliche Verfassung des Patienten, ob er gestimmt ist, sich mit seiner Umgebung auseinanderzusetzen oder nicht. Es handelt sich auf jeden Fall um sehr subjektive Einflüsse, die die Bewertung eines Raumes beeinflussen, keinesfalls eine objektivierte wie eine Zeitspanne.

Kunze schlägt vor, nach der Analyse von Raumeigenschaften anhand psychologischer Untersuchungsverfahren eine Bewertungsmatrix mit zu erwartenden Eigenschaften für den Untersuchungsgegenstand aufzustellen und diese von den Nutzern bewerten zu lassen. So ergeben sich Bewertungen für bauliche Strukturen und für visuelle Wirkungen. Das Ziel, anhand der psychologischen und soziologischen Bedürfnisse der Nutzer einen architekturpsychologischen Ansatz für die Betrachtung vom Umwelteinwirkungen auf den Patienten zu entwickeln und davon bauliche Forderungen abzuleiten, ist wegen der unterschiedlichen Verfassung der Patienten sehr schwierig. Hinzu kommt, daß die Ansichten über die Wirkung des Milieus als therapeutischer Faktor bisher relativ spekulativ sind. Die Beziehung Patient-Krankenhaus kann durch eine komplexe Betrachtungsweise unter Zuhilfenahme methodischer Konzepte von Psychologie, Soziologie und Physiologie untersucht werden. Die komplexen Umweltsituationen und einzeln isolierte Milieufaktoren, also ohne soziales Interaktionsfeld, müssen im Laborversuch durchgeführt werden. Dabei können anhand psychophysiologischer Meßverfahren, wie z. B. Pupillenreaktionen, emotionale Wirkungen herausgefunden werden.²⁰¹

Dies scheint jedoch nicht möglich zu sein. Beeinflußt doch schon die Anordnung des Versuchsraumes, der Empfang der Versuchspersonen und der Wartebereich vor dem Versuch die persönliche Gestimmtheit der Versuchsperson. Der Mensch kann nicht wie ein Computer im „ausgeschalteten“ Zustand in eine räumliche Situation gebracht werden, um ihn dann - klick - kurz „anzuschalten“,

¹⁹⁸ Vgl. RÖSLER, H.-D. (1987), S. 20 ff.

¹⁹⁹ Vgl. KUNZE, M. (1994), S. 4, 107 ff.

²⁰⁰ Vgl. KUNZE, M. (1994), S. 109

²⁰¹ Vgl. KUNZE, M. (1994), S. 117, 142 f.

um seine psychophysiologischen Werte zu messen. Er wird immer beeinflusst werden, insbesondere durch den persönlichen Umgang mit anderen Menschen.

Das Ziel dürfte also ein adaptives Bauen sein, wie es Welter in seiner Dissertation für Langzeitpatienten fordert. Dies scheint auch auf den Bereich der Großgeräte zuzutreffen, da es sich ebenso um hospitalisierte Patienten handelt, die eine längere Zeit im Krankenhaus verbringen. „Adaptiv heißt für die Patienten, daß sie sich, entsprechend ihren unterschiedlichen Bedürfnissen nach Mobilität, Kontakten und Stimulation, nach eigener Wahl in abgestuft belebten Zonen aufhalten bzw. das erwünschte Privatsphärenniveau selber kontrollieren können.“²⁰²

So kann die Aufgabe des Architekten eigentlich nur bedeuten, sich selber in die Rolle des Patienten zu versetzen, ihre Gefühle und Bedürfnisse zu erfahren und sich dabei mit ihnen direkt in Kontakt setzen. Im Gespräch lassen sich viele Fragen zu dem baulichen Milieu klären.

5.1 Gestaltungsmittel

Bei der Planung von medizinischen Bereichen kommt es im wesentlichen auf zwei Funktionen der Gestaltung an: Zum einen muß die Gestaltung die *funktionellen Anforderungen* erfüllen, zum anderen soll sie eine *angenehme Raumatmosphäre* erzeugen, die sich sowohl auf den Patienten als auch das Personal positiv auswirkt. Um diese Aufgaben zu erfüllen, müssen die einzelnen gestalterischen Elemente sorgfältig ausgewählt und gut aufeinander abgestimmt werden.²⁰³ Die *architektonischen Mittel* Materialien, Farben, Beleuchtung und die Raumausstattung durch Möbel, Kunst und Pflanzen sollen bewußt eingesetzt werden und als gestalterisches Gesamtkonzept wirken.

In den nächsten Kapiteln werden einige grundsätzliche Gedanken zu den Themen Materialien, Farben, Beleuchtung, Kunst und Pflanzen dargestellt. Spezielle Aspekte werden anschließend in den Kapiteln zu den einzelnen Räumen dargelegt.

5.1.1 Material

Für die Bereiche Boden, Wand, Decke und Mobiliar stehen verschiedene Materialien zur Auswahl. Wesentlich ist dabei immer die Orientierung an einem gestalterischen Gesamtkonzept.²⁰⁴

Beim *Boden* sind neben dem Erscheinungsbild vor allem Pflege und Hygiene sowie bauliche Forderungen zu beachten. Der Bodenbelag muß, um den hygienischen Anforderungen zu entsprechen, wischfähig und desinfizierbar sein.²⁰⁵ Zur Auswahl stehen verschiedene Materialien: Naturstein, Kunststein, Parkett, Linoleum, Gummi, PVC, Gießharze und textile Beläge. Einige Bereiche können nach Herstellerangaben auch mit Teppichböden ausgelegt werden, wie Flure und Patientenzimmer, da die Teppichböden komfortabel, pflegeleicht und hygienisch seien.²⁰⁶ Auf schwellenlose Übergänge bei der Anwendung verschiedener Materialien ist unbedingt zu achten. Günstiger ist es, eine Materialstärke zu verwenden. Gießharze sind sehr neu und noch relativ unbekannt, haben je-

²⁰² Vgl. WELTER, R. (1978), S. 199

²⁰³ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 68

²⁰⁴ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 74

²⁰⁵ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 74

²⁰⁶ Vgl. ANKER CLINIC (1994)

doch einige attraktive Eigenschaften: dieser Endbelag ist in Oberflächenstruktur, Farbe und Dessin individuell gestaltbar und auch für Naß- und Sanitärbereiche verwendbar.

Besonders sensibel muß bei der Farbauswahl vorgegangen werden, damit sich Personal und Besucher nicht an dem Belag satt sehen. Schließlich ist die kurzfristige Veränderung von Fußbodenbelägen nicht möglich. Die Helligkeit entscheidet nicht unbedingt über die Empfindlichkeit von Bodenbelägen. Entscheidend ist das Dessin, in welchem der Belag gemustert ist. Unifarbig Beläge sollten vermieden werden. Gießharze oder andere Beläge mit lebendigen Dessins können so ausgewählt werden, daß sie unifarbig erscheinen. Helle Beläge haben den Vorteil, daß sie weniger Licht schlucken als dunkle.²⁰⁷

Für die Gesamthygiene einer Praxis oder einer Klinik spielt der Eingangsbereich eine wichtige Rolle. In entsprechenden Sauberlaufzonen soll der Besucher den Schmutz seiner Schuhe zurücklassen, damit er ihn nicht weiter ins Haus trägt. Gitterroste und Kokosmatten lassen sich geschickt anordnen und formal gestalten.²⁰⁸

Wände und Decken werden in den meisten Fällen geputzt und weiß gestrichen. Diese Farbgebung impliziert dem Patienten Sauberkeit und Hygiene. Auch abgehängte Decken, die bei großen Raumhöhen angewendet werden sind häufig weiß gestrichen. Beleuchtung und Lüftungsanlagen lassen sich in die (Akustik-) Decken integrieren.²⁰⁹

Wände können jedoch auch in effektvollen aber sehr teuren Spachteltechniken ausgeführt werden. Auch leichte Wände aus Materialien wie Holz, Stahl und Glas, klar oder geschliffen, bieten eine filigrane aber trotzdem akustisch wirksame Raumabtrennung. In Räumen, die besonderen hygienischen Anforderungen gerecht werden müssen, sind keramische Fliesenbeläge an den Wänden oft notwendig, um die Sauberkeit gewährleisten zu können.²¹⁰

5.1.2 Farbe

Die für Kliniken üblichen weißen Wände und Decken haben neben den positiven Wirkungen Helligkeit und „Hygiene“ auch negative Wirkungen: Angst, Beklommenheit, Spannungen und Schmerzen finden in weißen Flächen keine Ablenkung. Weiße Wände sind keineswegs neutral, sondern werden in klinischen Räumen eher als kühl und distanziert empfunden. Farbige Flächen können also neben dem gestalterischen Aspekt bewußt verwendet werden, um Gemüt und Verfassung des Patienten zu beeinflussen.²¹¹ Die Farbgestaltung soll den Heilungsprozeß mit den Kräften der Farbe fördern, also das physische und psychische Wohlbefinden von Patienten und auch Personal, die Arbeitsbedingungen des Personals mit optischen Mitteln erleichtern und für alle Betroffenen die Orientierung erleichtern.²¹²

²⁰⁷ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 74

²⁰⁸ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 75

²⁰⁹ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 76f.

²¹⁰ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 74

²¹¹ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 78

²¹² Vgl. GERLACH, I. (1987), S. 331; vgl. auch: MAHNKE, F.-H. (1990), S. 22

„Es geht freilich nicht um die Ausarbeitung neuer Rezepte oder um die Propagierung einer neuen Richtung, sondern wir haben uns einfach gefragt, wie wir das, was eigentlich gefühlsmäßig in uns liegt, bewußt werden lassen können.“ - So die einleitenden Worte Frielings in seinem Buch „Farbe im Raum“. Die physikalische Energie der Farben wirkt sich auf den Organismus des Menschen aus: Blutkreislauf, Puls, vegetatives Nervensystem und dadurch das allgemeine Befinden werden von ihr beeinflusst.²¹³

In der *Farbenpsychologie* werden vier relevante Grundfarben genannt: Gelb, Rot, Blau und Grün. Die Farbtöne zwischen Gelb und Grün sprechen das Auge mit höchster Empfindlichkeit an, während das Auge Töne zwischen Rot und Blau mit geringer Empfindlichkeit wahrnimmt, da diese bei voller Sättigung immer dunkler sind als die ersteren. Außerdem sind die Farben wertungsungleich, es existiert eine warme Plusseite zwischen Gelb und Rot und eine kalte Minusseite zwischen Grün und Blau.²¹⁴

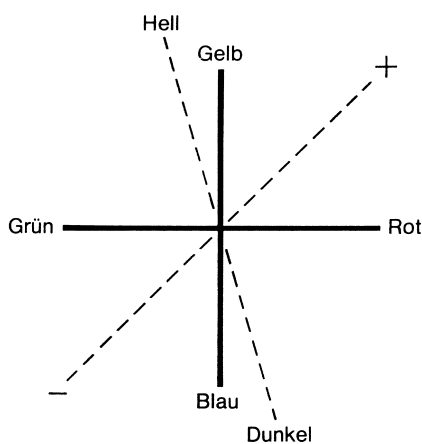


Abb. 58: Farbwertung
(Quelle: FRIELING, H. (1979), S. 9)

Die Parameter, die Farben bestimmen, sind Farbton (Wellenlänge), Sättigung (Abstand zum Grau) und Helligkeit (in bezug auf die logarithmisch verlaufende Farbleiter von Weiß zu Schwarz). Farben wirken nicht nur als Farbflächen, sondern als Farben im Raum mit differenzierter Erscheinung je nach Lichteinfall. Farben identifizieren einen Raum, sie müssen dem Zweck entsprechen, ihn hervorheben oder eventuell kompensieren. Die Aussagekraft von Farben kann genutzt werden, um die architektonische Funktion darzustellen²¹⁵ - „Die Farbe ist ein Element der Architektur, nicht eine ornamentale Zugabe“.²¹⁶

²¹³ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 7 ff.

²¹⁴ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 8 f.

²¹⁵ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 8 f.

²¹⁶ O. V. (1988b), S. 7; nach dem Architekten Alberto Sartoris



Abb. 59: Farbkreis mit Farbwirkung,
(Quelle: FRIELING, H. (1979), S. 21)

Der Mensch verfügt über eine Art innere Farbskala, die auf das bildhafte Erkennen einwirkt. Die Bedeutung der Farben wird nach dem individuellen Empfinden, der Erfahrung und des Denkens wahrgenommen. So werden z. B. polarisierende Farben dynamisch empfunden.²¹⁷ „Farbe ist für sich nie neutral.“²¹⁸

Purpur	Spannung
Grün	Entspannung
Orange - Blaugrün	Rhythmus
Grünblautöne	Befreiung, Verinnerlichung
Rot, bes. im Spiel mit Grün	Motorisch-vitale Farben

Abb. 60: Farbwirkungen
(in Anlehnung an: FRIELING, H. (1979), S. 33)

Die Aussage eines Farbraumes beeinflusst die Stimmung, das Denken und das Verhalten.²¹⁹ „Farben wirken derart auf das subjektive Empfinden des Menschen, daß sie Raumproportionen verändern, Geräusche intensivieren oder abschwächen, Gefühle von warm oder kalt erzeugen können. Dabei ist das Zusammenspiel von Farben, die Art und Stärke der Beleuchtung sowie die Verbindung von Farbe und Material von Bedeutung für die psychische Wahrnehmung. Ein hellblauer Raum wirkt zum Beispiel geräumiger als ein orangeroter, eine hellblaue Decke weitert, wogegen eine braune drückt. Es spielt dabei sicher die Assoziation blau = Himmel und damit der Begriff von Ferne eine Rolle.“²²⁰

Der *Boden* wirkt in der Regel nicht durch die Farbe warm oder kalt, man beurteilt ihn nach dem natürlichen Bodenerlebnis. Die stoffliche Beschaffenheit ist hier bedeutsamer als die Farbgebung. Jedoch sollte auch hier eine sorgfältige Planung vorgenommen werden: unnatürlicher Boden z. B. in Weiß läßt ein unwohles Gehgefühl aufkommen. Musterelemente im Boden sind sehr wichtig für die Orientierung des Gehens, so können sie den Weg führen oder ihn abschneiden.²²¹

²¹⁷ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 12f., 18

²¹⁸ Vgl. JENNY, P. (1994), S. 10

²¹⁹ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 33

²²⁰ SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 78

²²¹ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 24 f.

Decken werden häufig ohne Muster gestaltet, da sie normalerweise im peripheren Aufmerksamkeitsfeld liegen. Deckenfarben können nach ihrer Art deckeln oder auch aufheben. Sie wirken also schwer oder leicht. Reines Gelb z. B. gebietet durch die hohe Leuchtdichte Aufmerksamkeit und wirkt schwer, sofern es nicht mit Weiß abgemischt ist. Dagegen nimmt Helles Blau die Eigenschaft des Unmateriellen, Hohen am ehesten ein, was wahrscheinlich mit dem Himmelerlebnis zusammenhängt. Dabei sollte beachtet werden, ob die Farben nicht nur deckend sondern auch lasierend aufgetragen werden können.²²²

Die Deckengestaltung wird für Patienten, die häufig im Liegen untersucht werden, sehr wichtig, damit er anhand von Blickfolgebildern Scharfsehen kontrollieren, zählen oder seine Phantasie bei der Interpretation des Motivs frei laufen lassen kann.²²³ Bei normalen weißen Decken versinkt der Patient in sich und ist mit seinen Gedanken allein. Hat die Decke jedoch irgendwelche Besonderheiten, Deckengemälde, Farben, Strukturen oder einfache Poster, wird er sich mit diesen beschäftigen und wird so von seinen Ängsten und Schmerzen abgelenkt.



Abb. 61: Deckengestaltung in der Pädiatrie von Armstrong World Industries
(Quelle: MILLER, R. L. (1995), S. 259)

Türen können durch die Farbgebung einerseits geschlossen wirken oder zum Öffnen einladen. Dies unterstützt die Farbgebung durch eher dunklere bzw. eher hellere Farben. Der Türrahmen kann als Zäsur zwischen Tür und Wand dienen.²²⁴

Gibt es heitere Farben? „Eine Farbe als solche kann niemals heiter sein. Genausowenig wie sie traurig ist. Es gelten immer nur die Bezüge zum Ganzen und zum Menschen, weshalb auch eine Harmonielehre der Farbe sinnlos ist, wenn sie nicht den harmonischen Bezugspunkt nennt.“²²⁵ Unterschiede der Leuchtdichte sind viel eher geeignet, positive Stimmungen zu erzeugen, günstig durch die Kombination verschieden reflektierender Farben und verschieden starker Beleuchtung. Gelb oder Orange soll also nicht zu gering beleuchtet werden, Blautöne weniger stark.²²⁶ „Es geht uns darum, klar zu machen, daß es nicht darauf ankommt, die menschliche Umwelt nicht nur zweckhaft zu entwerfen, sondern Zeichen zu geben, die vom denkenden, fühlenden und wollenden

²²² Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 25 f.

²²³ Vgl. SCHMIEG, P. (1987b), S. 62

²²⁴ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 26

²²⁵ FRIELING, H. (1979), S. 32

²²⁶ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 32

Menschen als „schön“ empfunden werden. Nur so kann Harmonie verstanden werden: sinnerfüllend.²²⁷



Abb. 62: Welches Blau?
(Quelle: JENNY, P. (1994), S. 186/187)

Um zu einem *Farbkonzept* zu gelangen, wird von Frieling folgendes wissenschaftliches Vorgehen vorgeschlagen: Die ganz persönliche innere Farbskala, die je nach Alter, Geschlecht, Gruppe unterschiedlich sein kann, drückt die persönliche Verfassung aus. Sie kann Leiden, Krankheit oder Hoffnung darstellen. Diese Farbe wird durch eine Krankheitsanalyse bestimmt. Das Motiv wird in eine raumgemäße Farbensprache übersetzt, die z. B. entweder den Gesundheitswillen stärkt oder die Unruhe kompensiert. Eine kritische und sachkundige Ausarbeitung wird also eine kompensierende oder verstärkende Realisierung entwerfen. Die Realisation muß im weiteren Verlauf durch Anmutungsprüfung auf ihre beabsichtigte positive Wirkung kontrolliert werden und gegebenenfalls verbessert werden. Im Prinzip beruht diese Vorgehensweise auf dem einfachen „Sichtbewußtmachen von Gegebenheiten“.²²⁸

„Farben in ihrer Erscheinung zu beurteilen ist nicht nur die Angelegenheit von Fachleuten“,²²⁹ sondern Sache aller Beteiligten. Ein „Krankenhaus, das selbst schon Therapie ist - das sind doch Forderungen, die nicht auf der niedrigen Ebene eines direkten Zwecks, sondern auf dem Gebiet des Schönen liegen.“²³⁰

Um eine Realisation zu entwickeln, müssen die Farbwirkungen bekannt sein. Farben können in aktive, erregende, sympathische Farben und passive, beruhigende, unsympathische Farben unterschieden werden. Aktive Farben sind in roten, orangeroten und gelben Tönen, passive in blaugrünen und blauen Tönen zu finden. Reine, leuchtende Farben werden meist als aktiv empfunden, gedämpfte, vergraute Nuancen als passiv. Aktive Farben kommen entgegen, assoziieren Nähe, verkleinern und verkürzen Räume, machen bewußter und wirken extrovertiert. Passive Farben wirken

²²⁷ FRIELING, H. (1979), S. 33

²²⁸ FRIELING, H. (1979), S. 48 ff.

²²⁹ JENNY, P. (1994), S. 7

²³⁰ FRIELING, H. (1979), S. 33

kalt, treten zurück, assoziieren Weite, Distanz, Transparenz, vergrößern Räume und wirken introvertiert. Bei diesen Wirkungen ist das Verhältnis Flächengröße zu Farbintensität zu beachten.²³¹

Farben im Raum	wirken von oben	von der Seite	von unten
Orange	deckend	wärmend	erregend
Rot	schwer	aggressiv	bewußt machend
Braun	schwer	erdhaft umgebend	bodenhaft, trittsichernd
Hellblau	leicht, aufhebend	kalt, entfernend	glatt, fremd
Blau, satt	deckend	distinguiert	vertiefend
Dunkelgraublau	drückend	ungewiß	darbietend
Violett	verunsichernd, lastend	magisch	ungewiß, „besonders“
Gelb	blickführend	anregend bis irritierend	beschwingend
Grün	begrenzend	umhegend	(elastisch), tragend
Schwarz	lochartig	vertiefend, verließhaft	abstrakt, tief
Weiß	leer	leer	unbegehrbar
Grau	schattend	auffordernd, selbst etwas zu sein	ohne etwas zu mobilisieren

Abb. 63: Flächenfarben im Raum
(Quelle: FRIELING, H. (1979), S. 26)

Insgesamt dürfen die *Farbreize* nicht zu hoch werden. Eine zwanglose, bunte und lustige Umgebung kann Zweifel über die professionellen Fähigkeiten aufkommen lassen.²³² Es soll eher eine ruhige, nicht reizüberflutete Umgebung geschaffen werden, insbesondere in Untersuchungs- und Behandlungsräumen sollen alle erregenden Faktoren vermieden werden. Variationen von verhüllten Grün- („Genesungsgrün“) und Blautönen in Kombination mit lebhafteren Farben wird empfohlen. Das Farbkonzept wird anhand ästhetischer und psychologischer Argumente bis hin zu Einrichtung und Wäsche ausgewählt.²³³



Abb. 64: Leichtbau-Hohlkammer-Akustikdecke
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 85)

Außerdem ergeben hohe Farbreize in Form von zu intensiven Farbtönen eine einseitige Lichtreflexion auf den Patienten, was sich negativ auf seine Gesichtsfarbe - und somit auf sein Aussehen aus Sicht der Ärzte - auswirkt. „Die Wirkung des Simultankontrastes muß berücksichtigt werden, um die gleiche Situation wie oben zu vermeiden. Beim Simultankontrast verändert sich eine kleine Farbfläche, die von einer größeren umgeben ist, in Richtung der komplementären Farbigkeit der

²³¹ Vgl. GERLACH, I. (1987), S. 331

²³² Vgl. MAHNKE, F.-H. (1990), S. 22

²³³ Vgl. GERLACH, I. (1987), S. 332

größeren Fläche“ So würde das Gesicht in einem Spiegel grünlich wirken, wenn der Hintergrund stark Rot leuchtet.²³⁴

5.1.3 Beleuchtung

Das vorhergehende Kapitel handelte von Farben, wie sie zustande kommen, wurde allerdings nicht erklärt. Dies wird nun nachgeholt: Es gibt kein Farberlebnis im Dunkeln. Farben entstehen durch *Reflexion und Absorption von Lichtanteilen*. Die Oberflächenhelligkeit wird Leuchtdichte genannt und wird durch die Lichtstärke definiert. Besitzt das auffallende Licht nicht alle Strahlungsbereiche des sichtbaren Lichts, werden die fehlenden Anteil auch nicht wiedergegeben.²³⁵

Rot	780-627 nm
Orangerot bis Orange gelb	627-589 nm
Orange gelb bis Zitronengelb	589-570 nm
Gelbgrün bis Grün	569-530 nm
Grün bis Blaugrün	530-495 nm
Blaugrün bis Blau	494-480 nm
Blau bis Ultramarin (Violettblau)	480-445 nm
Violettblau bis Blauviolett	445-380 nm

Abb. 65: Wellenlängen des sichtbaren Lichts
(in Anlehnung an: FRIELING, H. (1979), S. 166)

Natrium- und Quecksilberdampflampen senden nur im Gebiet von Gelbtönen. Temperaturstrahler (Glühlampen mit Wolfram-Wendel) senden nur sehr unvollkommen im kurzwelligen Bereich und wirken dadurch wärmer. Niederdruck-Leuchtstofflampen (fälschlich als Neonröhren bezeichnet) senden je nach Belag des Tubus tageslichtähnlich (macht fahl), als Weißlicht (wirkt fast natürlich) oder als Warmlicht (erscheinen ähnlich wie Glühlampen, stellen aber Blau und Violett besser dar). Außerdem gibt es eine Reihe von Speziallampen, die ein behagliches Licht oder besonders effektvolle Wirkungen erzielen.²³⁶ Wesentlich ist also, daß bei der Planung die richtige Lampenart ausgewählt wird, welche die Farbgebung und die Schattenwirkungen wunschgemäß beeinflusst.

Lichterzeugung	Temperaturstrahler	Entladungslampen, Niederdrucklampen	Hochdrucklampen
Lichtquellen	Glühlampen, Halogen-Glühlampen, Niedervolt-Halogenlampen	Leuchtstoff-Lampen, Kompakt-Leuchtstofflampen, Natriumdampf-Hochdruck-Lampen	Quecksilberdampf-Lampen, Halogen-Metall-dampf-Lampen, Natriumdampf-Hochdrucklampen

Abb. 66: Verschiedene Lampenarten
(in Anlehnung an: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 69)

Durch Ausleuchten des Raumes in Weiß und flachwinkliger Wandbeleuchtung in Farblicht kommen farbige Schattenwirkungen zustande. Diese Schatten sind komplementär und sind tatsächlich

²³⁴ APPENZELLER, P. (1992), S. 15

²³⁵ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 27-30

²³⁶ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 28

vorhanden, es handelt sich nicht um eine optische Täuschung. So ergibt z. B. Orangelicht gegen Weißlicht eine Schattenwirkung in Blau.²³⁷



Abb. 67: Farbprojektoren erzielen farbige Schatten
(Quelle: JENNY, P. (1994), S. 152)

Besondere Wirkungen können durch die Anwendung *gefilterten Lichts* erzielt werden, das entgegen der Blickrichtung sozusagen von hinten auf eine transluzente Wand strahlt, wodurch sich farbige und gegenfarbige Schatten im Raum ergeben. Durch farbige Beleuchtung verändern Oberflächen ihre Erscheinungsfarbe. Eine rote Fläche bestrahlt mit Violett ergibt z. B. Purpur. Orange mit Blau ergibt Grauschwarz.²³⁸

Die Beleuchtung hat zwei hauptsächliche *Funktionen* zu erfüllen. Die Schaffung *guter Arbeitsbedingungen* einerseits bringt die Schwierigkeit mit sich, daß die durchzuführenden Arbeiten in ihrem Anspruch an Beleuchtung teilweise sehr unterschiedlich sind. Die Erzeugung einer *angenehmen Raumatmosphäre* kann ebenfalls schwierig sein, da in manchen Bereich ein heller Raum und in anderen ein Raum mit gedämpftem Licht als angenehm empfunden wird.

Deshalb muß vor der Planung unbedingt eine *detaillierte Anforderungsprofil* erstellt werden, in dem je Raum die unterschiedlichen Bedürfnisse dargestellt werden. Nach diesem Anforderungsprofil lassen sich dann die Leuchtmittel, die insbesondere durch die Funktion beeinflusst werden, und die Beleuchtungskörper, die insbesondere die Gestaltung beeinflussen, auswählen. Dabei müssen Leuchtmittel und Leuchtkörper genau aufeinander abgestimmt werden. Dafür sollte unbedingt ein Lichtplaner zu Rate gezogen werden.²³⁹

Das detaillierte Anforderungsprofil sollte sich außerdem an der DIN 5035 orientieren, die folgende allgemeine Anforderungen an die Beleuchtung spezieller klinischer Räume empfiehlt:

²³⁷ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 28

²³⁸ Vgl. FRIELING, H. (1979), S. 30

²³⁹ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 68

Funktionsbereich	Mindestanforderung in LUX nach DIN 5035
Anmeldebereich	100
Wartebereich	100-200
Behandlungsraum	500
Arztzimmer	100-500
Labor	500
WC	100

Abb. 68: Anforderungen an die Beleuchtung einzelner klinischer Räume
(in Anlehnung an: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 69)

5.1.4 Möbel

Die Gestaltung von klinischen Bereichen mit Materialien und Farben basiert auf einem Gesamtkonzept und ist in sich schlüssig. Kleine Farbakzente können sehr gut in dieses Konzept integriert werden. Große Flächen sollen eher ruhig und warm gehalten werden. Auch Holz kommt für die Innenausstattung in Betracht. Sei dies in Form von Wandschränken, sozusagen als optischer Raumabschluß oder als normales Mobiliar. Bei Holz eignen sich vor allem die hellen Hölzer zur Gestaltung von freundlichen klinischen Räumen.²⁴⁰

Die Auswahl der Möbel basiert auf der Entscheidung für Möbel einer *Serienproduktion* oder spezieller *Einzelanfertigungen*. Die Serienproduktion wird insbesondere für fachbereichsbezogene Spezialmöbel sinnvoll sein. Die Hersteller bieten hier Spezialprodukte nach funktionellen Kriterien an, teilweise gibt es bereits gestalterische anspruchsvolle Entwicklungen. Jedoch können auch Einzelanfertigungen für Spezialmöbel geeignet sein, wenn es sich um die Hülle für medizinisches Gerät handelt, wie beispielsweise die Sterilisation von kleinen Teilen.²⁴¹

Die sonstigen Möbel zur Ausstattung der Wartebereiche, der Arzt- und Aufenthaltszimmer und der Schränke in Untersuchungs- und Behandlungsräumen können sowohl aus Serien oder als Einzelanfertigung ausgewählt werden. Sorgfältig muß bei der Wahl der Sitzmöbel vorgegangen werden. Verschiedene Funktionen erfordern eine unterschiedliche Form. Grundsätzlich sollen die Sitzmöbel mit handwarmen Armlehnen jedoch entspannend und bequem sein und aus geeigneten atmungsaktiven Materialien wie Stoff oder Leder und Holz oder Stahl sein. Der individuell angefertigte Anmeldebereich, den der Patient als ersten Eindruck eines medizinischen Bereichs wahrnimmt, ist für die Darstellung einer persönlichen Note besonders geeignet. Insgesamt soll auf die Orientierung an einem Gesamtkonzept geachtet werden.²⁴²

5.1.5 Kunst

Die Präsentation von *zeitgenössischer Kunst* bietet neben einem interessanten gestalterischen Aspekt drei Vorteile. Der Künstler findet einen günstigen Weg, seine Werke der Öffentlichkeit zu präsentieren. Ohne großen finanziellen Aufwand kann er sogar Wechselausstellungen organisieren. Gleichzeitig werden dem Arzt so Raumaccessoires zur Verfügung gestellt, die seinen Räumen eine

²⁴⁰ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 78

²⁴¹ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 80

²⁴² Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 80

ganz persönliche Note geben. Letztendlich kann der Patient sich an der optischen Ablenkung erfreuen und kommt dabei in ungezwungener Atmosphäre mit zeitgenössischer Kunst in Kontakt.²⁴³

Die Bilder sollen natürlich einen positiven Einfluß auf die seelische Verfassung des Patienten ausüben. Sie sollen optimistisch, aufbauend wirken und einen Gegenpol zu Schmerz und Leid darstellen. Die Kunst kann heiter sein, aber auch zum Nachdenken anregen. Die Auswahl muß sehr sorgfältig erfolgen, um ein gewisses Niveau zu gewährleisten. Kunst kann eine angenehme Abwechslung im Krankenhausalltag darstellen und bietet sich an, auch Menschen von außerhalb anzuziehen. Die Kontinuität und Ernsthaftigkeit eines solchen Projektes sollte unbedingt einem Organisationsteam übertragen werden.²⁴⁴

5.1.6 Pflanzen

Pflanzen eignen sich für den Einsatz als visuell belebendes Element und verbessern zugleich das Raumklima. Um der Hygiene und der Pflegeleichtigkeit zu entsprechen, empfiehlt sich die Anwendung von Hydrokultur. Bei der Auswahl von Pflanzen soll in jedem Fall eine geeignete Beratung in Anspruch genommen werden, um dem Standort entsprechende Pflanzen zu verwenden. Wenige große Pflanzen erweisen sich als optisch günstiger als viele kleine Pflanzen, da sie als raumgliederndes Element eine gewisse Großzügigkeit vermitteln. Dabei sollen Art und Größe der Pflanzen in einem ausgewogenen Verhältnis zur Größe der Räume stehen.²⁴⁵ Wichtig ist, daß die Pflanzen gepflegt und nicht vernachlässigt werden.

5.2 Gestaltungsräume

In diesem Kapitel werden *wesentliche Anforderungen* an diejenigen Bereiche dargestellt, die den Patienten entscheidend in seiner Stimmung beeinflussen. Hierzu gehört der Eingangsbereich mit dem Empfang, außerdem Wartebereich, Arztzimmer, Umkleidekabine und der Untersuchungs-/Behandlungsraum an sich.

5.2.1 Eingangsbereich mit Anmeldung, Empfang und Rezeption



Abb. 69: *Pre-flight check-in, children's clinic*
(Quelle: MALKIN, J. (1989), Figure 10-63 / Plate 25)

²⁴³ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 83

²⁴⁴ Vgl. SUTER, J. (1993), S. 15 f.

²⁴⁵ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 83; vgl. auch: MILLER, W. (1991), S. 20 f.

Wer wird nicht gerne mit einer freundlichen Geste empfangen? - Die Anmeldung soll diesen freundlichen Empfang symbolisieren. Darüber hinaus hat sie zwei wesentliche Funktionen: einerseits stellt sie einen *zentralen Anlaufpunkt* für Patienten und Mitarbeiter der Station dar und andererseits ist sie ein Bereich, in dem sehr *vertrauliche Informationen* ausgetauscht werden. Deshalb soll die Anmeldung ein offen und freundlich gestalteter Bereich sein, aber zugleich das zurückgezogene Gespräch insbesondere für neu aufgenommene Patienten ermöglichen.



Abb. 70: Praxis für Radiologie, Siegen, 1993
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 53)

Der halböffentliche Bereich der Anmeldung bietet dem Patienten einen ersten Eindruck von der Abteilung, weshalb auf seine Gestaltung ein besonderes Augenmerk zu legen ist. Er soll ansprechend, großzügig und beruhigend wirken. Des weiteren ist ein reibungsloser Funktionsablauf sehr wichtig, damit der Patient nicht unnötig in eine Streßsituation manövriert wird. Hier sollen ihm schon Schwellenängste und Beklommenheit genommen werden. Wesentlich ist dafür eine gute Orientierung.²⁴⁶ Leitsysteme sollen nur als letztes Mittel verwendet werden.

Beim Betreten des Empfangsbereichs soll ausreichend Platz vorhanden sein. Ein *großzügiger Raumeindruck* wird durch helle Farben, Tageslichteinfall, Verglasungen, die andere Räume optisch heranziehen, Oberlichter und weiterer Techniken erreicht: künstliche Beleuchtung, Spiegel und illusionäre Wandmalereien können hierbei hilfreich sein.²⁴⁷ Jedoch sollten solche Tricks in Maßen angewendet werden, damit das Reizvolumen und damit die Erregung des Patienten nicht zu hoch werden.

²⁴⁶ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 51 ff.

²⁴⁷ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 51 ff.



Abb. 71: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Passau, 1992
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 122)

Ein großzügiger Tresen, der Platz für mehrere Computerarbeitsplätze bietet, bildet den zentralen Bereich. Günstig ist es, wenn mehrere Patienten gleichzeitig bei der Anmeldung Platz nehmen können. Die Arbeitsbeleuchtung wird nur auf den jeweiligen Arbeitsplatz beschränkt.²⁴⁸ Arbeitslicht und allgemeine Beleuchtung des Anmeldebereichs werden so kombiniert, daß durch die stimmungsvolle Allgemeinbeleuchtung die Arbeitsplatzbeleuchtung nicht beeinträchtigt wird. Die Lichtstimmung der Allgemeinbeleuchtung soll warm sein und eine angenehme, vertraute Atmosphäre wiedergeben.

Wichtig für einen positiven Eindruck sind ein strapazierfähiger *Fußbodenbelag*, der in das Gesamtkonzept der Innengestaltung einbezogen ist.²⁴⁹ Die Farbgebung soll auch hier menschenwürdig und wohnlich sein. Jedoch soll auch hier keine übertriebene Wohnzimmeratmosphäre geschaffen werden.

5.2.2 Wartebereich und Wartezonen

Der Anmeldung zugeordnet ist der *zentrale Wartebereich*, der einsehbar, aber akustisch getrennt ist. Im Wartebereich hält sich der Patient und eventuell seine Angehörigen unter Umständen sehr lange auf. Deshalb muß hier seinen *sozialen Grundbedürfnissen* Rechnung getragen werden: Ruhe, Kommunikation, Information, Spielen.

²⁴⁸ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 69

²⁴⁹ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 51 ff.



Abb. 72: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Passau, 1992
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 124)

Günstig ist also eine Untergliederung der Wartebereiche in akustisch und räumlich getrennte *ruhigere* und *vitalere Bereiche*, sowie eine separate Wartezone für Kinder. Häufig stehen noch an verschiedenen Stellen Kurzwarten, Zwischenwarten und Vorwarten als kleine Einheiten zur Verfügung. Neben Garderobe, Rollstuhlabbstell- und separatem Liegenwarteplatz sind die Toiletten nicht zu vergessen, günstig ist hierbei die direkte Zuordnung zum Labor, wo Urinproben analysiert werden.²⁵⁰ Eine einfache Orientierung vermeidet, daß der Patient nach dem Weg fragen muß, was ihm peinlich sein dürfte.



Abb. 73: Wartebereich in der Pädiatrie, Health ParkFlorida, Ft. Meyers, Florida
(Quelle: MILLER, R. L. (1995), S. 258)

Die *Stimmung* im Wartebereich soll zugleich beruhigend, aber auch ablenkend sein, da diese halbböffentliche Zone auf den Arztbesuch einstimmt. Die Gestaltung soll sich auch hier in ein Gesamtkonzept einfügen.²⁵¹ Material- und Farbwahl sollen gut durchdacht und abgestimmt sein auf die üb-

²⁵⁰ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 23 ff.

²⁵¹ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 54 ff.

rige Gestaltung. Vorzuziehen sind grundsätzlich helle Farben, da sie die Räume eher größer erscheinen lassen, und angenehme Materialien, wie Holz, die dem Patienten vertraut sind. Zur Ablenkung des Patienten und auch des Personals sind Kunstobjekte und zur Verbesserung der Raumatmosphäre alle Arten von natürlichen Pflanzen geeignet. Auf allergikergerechte Auswahl ist dabei zu achten.

Das *Mobiliar* paßt sich den einzelnen Funktionen der Wartebereiche an: bequeme Sessel in der Ruhezone und leichte zierliche in der Vitalzone. Die Garderobe hat einen eigenständigen Charakter. Sie kann mobil oder fest installiert sein. Die Gestaltung entspricht auch hier dem Gesamtkonzept. Der Fußbodenbelag soll dunkel und strapazierfähig sein. Die Kurzwartebereiche sind den Untersuchungs- und Behandlungsräumen direkt zuzuordnen. Insgesamt dürfte der Wartebereich aufgrund seiner wenigen funktionellen Zwänge die Zone sein, „in der man am leichtesten traditionelle Schemata verlassen und Ansätze für eine Neugestaltung finden kann.“²⁵²



Abb. 74: Praxis für Radiologie, Kaiserslautern, 1993
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 142)

Da die Patienten sich in dem Wartebereich innerlich auf die bevorstehende Untersuchung oder Behandlung vorbereiten, möchten sie sich in dem Wartebereich wohl fühlen. Tageslicht ist deshalb für diesen Bereich besonders wichtig. Gerade in der Strahlentherapie sollte jedoch darauf geachtet werden, daß die *Beleuchtung* nicht zu hell, eher gedämpft ist, da diese Patienten nicht in bester Verfassung sind. Die Beleuchtung ist hier weniger an funktionalen Gesichtspunkten zu orientieren, als vielmehr an den gestalterischen Überlegungen.²⁵³ Jedoch sollte auf die Anliegen Ruhen, Lesen, Kommunikation und Spielen eingegangen werden. So können unterschiedliche Lampen verschiedene Funktionen aufgreifen. Strahler eignen sich in der Farbe Neutralweiß als Fluter für *Kunstgegenstände*. Stehlampen und Wandleuchte in Warmweiß machen die Allgemeinbeleuchtung aus. Hinsichtlich des Wohlbefindens der Patienten können Dimmer an einigen Stellen Hilfe leisten.

²⁵² SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 56

²⁵³ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 70



Abb. 75: Wartebereich mit Ausblick und zeitgenössischer Kunst: Praxis für Radiologie, Siegen, 1993
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 83)

Auch ein wesentlicher Aspekt ist die Beleuchtung der meist innenliegenden *Flure*. Hier dient die Beleuchtung hauptsächlich der Orientierung. Für die Art der Beleuchtung eignet sich besonders indirekte Beleuchtung über die Decke, wenn diese hell und glatt ist.²⁵⁴



Abb. 76: Corridor with architectural detailing of ceiling, design: Jain Malkin Inc.
(Quelle: MALKIN, J. (1989), Figure 10-68 / Plate 27)

5.2.3 Arztzimmer

Im Arztzimmer bespricht der Arzt mit dem Patienten die Untersuchung bzw. Behandlung. Dieses Zimmer stellt seinen ganz persönlichen Bereich dar, d. h. es spiegelt den Arzt wider. Dessen persönlicher Geschmack hat eine ganz bestimmte Wirkung auf den Patienten: Entweder nimmt er die Gestaltung positiv wahr und schließt dadurch Vertrauen zu dem Arzt oder seine Ängste und Beklemmungen werden nicht abgebaut.²⁵⁵

²⁵⁴ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 72

²⁵⁵ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 58 ff.

Durch die Auswahl bestimmter *Materialien* soll eine distanziert freundliche Atmosphäre entstehen, die eine positive Wirkung auf den Patienten hat. Günstig ist es, wenn sich im Arztzimmer keine Behandlungsliege und sonstige technischen Apparate befinden, die den Patienten irritieren. Wenn es sich jedoch nicht vermeiden läßt, ist eine optische Abtrennung oder ein ruhiges separates Besprechungszimmer empfehlenswert.²⁵⁶



Abb. 77: *Praxis für Orthopädie und Physik, München, 1992*
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 58)

Das *Mobiliar* soll der Gesamtkonzeption entsprechen. Wesentlich sind die Sitzmöbel: für den Arzt einen bequemen Sessel, für die Patienten ihm gegenüber zwei entspannende Patientensessel. Die Materialien Stoff, Leder kombiniert mit Holz und Stahl sind geeignet. Dagegen sollen Vollkunststoffstühle vermieden werden, da sie nicht atmungsaktiv sind, so daß man im Sommer darauf schwitzt und im Winter friert. Die Platzierung der Möbel soll dem Patienten als positiven psychologischen Effekt eine gleichberechtigte Gesprächssituation vermitteln.²⁵⁷



Abb. 78: *Praxis für Allgemeinmedizin, Basel, 1985*
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 58)

²⁵⁶ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 58 ff.

²⁵⁷ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 58 ff.

Die *Beleuchtung* über dem großen Schreibtisch muß blendfrei und auf das Mobiliar abgestimmt sein. Neben der Tischarbeitsleuchte für den Arzt haben sich Wandleuchten und Stehlampen in Warmtönen für die Schaffung einer gelösten Atmosphäre bewährt. Allerdings kann hier über den Helligkeitsbedarf keine Aussage getroffen werden, da die Ansprüche von den entsprechenden medizinischen Bereichen abhängen. Die Anforderungen an die Hygiene sind relativ gering, so daß lichtdurchlässige Vorhänge, Lamellen, Jalousien und Schiebeläden als Sichtschutz an den Fenstern angeordnet werden können. Französische Fenster, die bis zum Boden reichen, geben dem Raum eine gewisse Großzügigkeit. Dekorationen durch Raumaccessoires wie Kunst und Pflanzen geben dem Raum etwas Besonderes. Insgesamt soll sich der Raum durch Harmonie und Individualität im Rahmen der Gesamtkonzeption auszeichnen.²⁵⁸

5.2.4 Umkleidekabine

In der Literatur finden sich kaum Planungsvorschläge für die *Umkleidekabinen*. Diese sind jedoch in den Bereichen Strahlentherapie, Lithotripsie und Kernspintomographie von ganz wesentlicher Bedeutung: hier ist der Patient direkt vor seiner Untersuchung oder Behandlung mit seinen Gedanken und Sorgen allein. Diese können ihn zum einen sehr bedrücken, andererseits können ihm auch Hoffnungen klar werden, die ihm eine neue Untersuchungsmethode wie z. B. MRT ermöglicht.



Abb. 79: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Umkleidekabine

Deshalb sollte bei der Planung von Umkleidekabinen sensibel darauf geachtet werden, daß der Patient einerseits seine *Intimsphäre* sowohl gegenüber den Ärzten als auch gegenüber den anderen wartenden Patienten wahren kann und daß er andererseits nicht völlig von der Außenwelt abgeschlossen ist. Es empfehlen sich Kabinen, deren Wände bis zum Fußboden, aber nicht bis zur Decke reichen. Sollen die Wände auch auf der unteren Seite einen Spalt haben, dann sollte dieser nicht zum Wartebereich, sondern nur zum Vorbereich des Untersuchungsbereichs liegen. Der offene Be-

²⁵⁸ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 70

reich oberhalb der Kopfhöhe ermöglicht es, die Kabinen teilweise natürlich zu belichten und zu belüften und vermeidet eine völlige akustische Abtrennung.



Abb. 80: Praxis für Radiologie, Siegen, 1993
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 63)

Im allgemeinen stehen zwei Typen von abschließbaren Umkleidekabinen zur Auswahl: Durchgangskabinen und normale Kabinen.

Durchgangskabinen haben die Nachteile, daß sie durch die beiden Türen noch beengter sind und die Ausstattung mit Sitzbank, Schließfach und Spiegel eingeschränkt wird. Der eindeutige Vorteil liegt darin, daß der Patient vom halböffentlichen Gang durch die Kabine direkt in den Untersuchungs-/Behandlungsbereich gelangt. Das kann wiederum zu einem Nachteil werden, wenn er diesen wegen der gefährlichen ionisierenden Strahlung nicht selbständig betreten kann (Knauf an der Tür), weshalb der Patient im allgemeinen in der kleinen Kabine noch etwas warten muß, bis er zur Untersuchung abgeholt wird. Dies kann dadurch umgangen werden, indem die Kabine nicht direkt in den Untersuchungsbereich, sondern in einen Vorbereich führt, wo der Patient im Flügelhemd eine kurze Zeit warten könnte.



Abb. 81: Praxis für Radiologie, Siegen, 1993
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 138)

Die Vorteile der normalen Umkleidekabine liegen in der möglichen besseren Innenausstattung der Kabinen. Nachteilig wirkt sich in der Praxis aus, daß die eine Tür in einen Bereich mündet, der sowohl von angekleideten als auch von bereits umgezogenen Patienten genutzt wird, was bei Begegnungen unangenehm ist. Außerdem stehen, wie bei den besichtigten Beispielen beobachtet wurde, in den meisten Fällen die Türen zwischen diesen Vorbereichen und dem Warte- und Untersuchungsbereich offen. Diese etwas zu bequeme Handhabe beeinträchtigt allerdings die Intimsphäre der Patienten.

Die Innenausstattung einer Umkleidekabine sollte neben Sitzmöglichkeit und Schließfach über einen großzügigen Spiegel verfügen, der den Raumeindruck gefühlsmäßig vergrößert. Es ist darauf zu achten, daß er für alle Patienten, sowohl kleinen als auch großen, in einer bequemen Höhe angebracht ist!

5.2.5 Untersuchungs- und Behandlungsbereich

Die Untersuchungs- und Behandlungsbereiche der Strahlentherapie, der Lithotripsie und der Kernspintomographie unterscheiden sich voneinander in vielerlei Hinsicht: Die unterschiedlichen Strahlenarten, die dort zur Anwendung kommen, beeinflussen die bauliche Hülle und die Raumgestaltung. Die Aufenthaltsdauer wird bestimmt durch den Untersuchungs- bzw. Behandlungsanlaß, also auch durch die entsprechende Technik, dieser wiederum steht in direktem Zusammenhang mit der physischen und psychischen Verfassung des Patienten. Eines haben sie jedoch gemeinsam: *während der Untersuchung und Behandlung ist der Patient auf sich alleine gestellt.*

Im Gegensatz dazu finden in normalen Praxen niedergelassener Ärzte relativ einfache Untersuchungen bzw. Behandlungen statt. So sind dort die funktionellen und räumlichen Anforderungen allgemein bekannt und überschaubar. In den Bereichen der Strahlentherapie, der Lithotripsie und der Kernspintomographie sind die Funktionen komplex und die räumlichen Anforderungen, insbesondere für die technischen Bereiche, enorm.

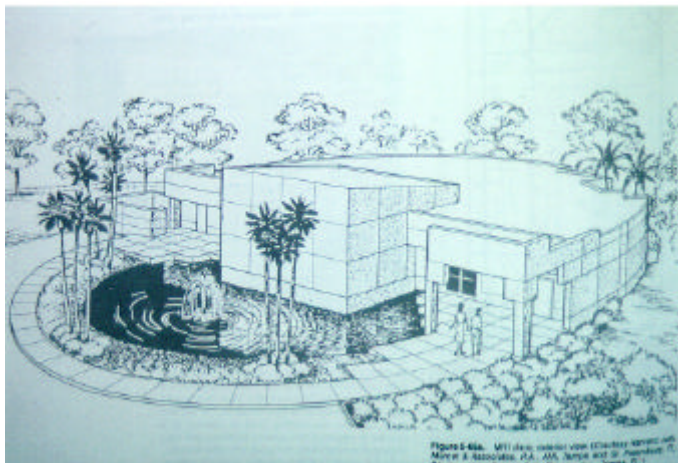


Abb. 82: MRI Clinic, Harvard, Jolly, Marcet & Associates
(Quelle: MALKIN, J. (1989), S. 238)

In diesem Kapitel geht es jedoch nicht um die speziellen räumlichen und haustechnischen Ansprüche der verschiedenen Bereiche gehen. Dieses Kapitel beschäftigt sich mit *einigen wesentlichen gestalterischen Aspekten*, die dann im 6. Kapitel vertieft und entsprechende Forderungen abgeleitet werden.

Ein Ansatz für ein *gestalterisches Konzept* für einen der Untersuchungs- bzw. Behandlungsräume könnte sein, die technischen Vorgaben als Auslöser für eine phantasievolle Gestaltung zu nehmen.²⁵⁹

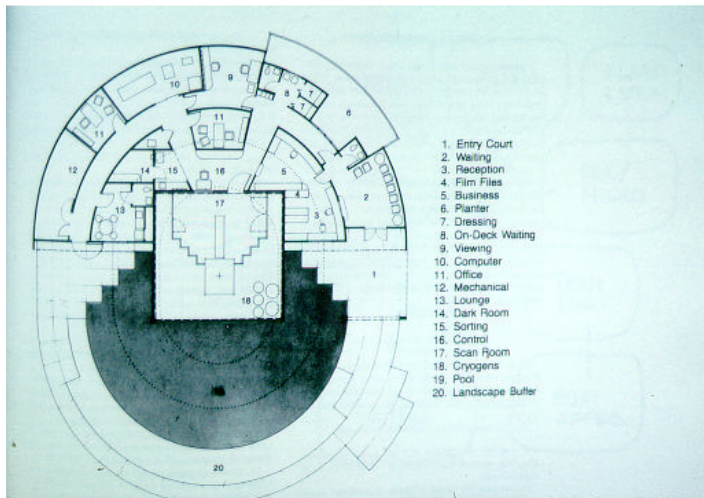


Abb. 83: MRI Clinic, Harvard, Jolly, Marcet & Associates
(Quelle: MALKIN, J. (1989), S. 239)

Die *Raumgröße* hängt von den jeweiligen funktionellen Anforderungen ab, dabei ist die Größe des Apparats die wesentliche Komponente. Hinzu kommen die Flächen für den Bewegungsraum, medizinisches Personal mit Patienten als Fußgänger, Rollstuhlfahrer oder liegend, sowie Abstellflächen für medizinisches und technisches Zubehör. So bestimmen technische Geräte den Raumeindruck sehr. Das Ziel der Raumgestaltung soll sein, die Größe der Geräte in ein großzügig wirkendes Raumkonzept einzuarbeiten, damit klaustrophobische Beklemmungen möglichst gar nicht erst aufkommen.

Dazu eignen sich nach einhelliger Meinung in der Praxis und in der Literatur *helle Farben*.²⁶⁰ Wichtig dabei ist es, die räumliche und die psychologische Wirkung auf die Art der Untersuchung/Behandlung des Patienten abzustimmen. Es soll eine gelöste und harmonische Atmosphäre entstehen, die das vegetative Nervensystem positiv beeinflusst. Farbpsychologen können sogar recht eindeutige Erkenntnisse weitergeben: Pastellfarben erzeugen eine freundliche Grundstimmung.

„Die *Decke* wird im allgemeinen wenig wahrgenommen, aber sie macht viel aus für die Gesamtstimmung des Raumes, ersetzt sie doch den Himmel, der uns ja von Natur aus immer anzeigt, wie das Wetter ist. So kann unser Seelenbarometer sehr wesentlich von der Decke abhängig sein... Wie kann eine weiße Decke etwas anderes bieten als ein Tableau für alle unsere - oft drückenden - Gedanken, die wir auf sie projizieren? Wie befreiend kann dagegen eine hellblaue Decke über einer apricot-farbenen Wand wirken.“²⁶¹

Die Wände werden in den betrachteten Räumen nicht als Informationsträger für Plakate usw. dienen können. Einerseits hat der Patient in der Regel keine Zeit, sich solche Aushänge durchzulesen, andererseits würden diese Informationsschriften kurz vor der Untersuchung/Behandlung mit Dingen konfrontieren, die sicher nicht zur Entspannung beitragen würden. Zur Information sind Bro-

²⁵⁹ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 60 ff.

²⁶⁰ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 60 ff.

²⁶¹ Frieling, H.: Mensch und Farbe, zitiert nach: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 60

schüren besser geeignet, die er in seinem Stationszimmer oder zu Hause in Ruhe durcharbeiten kann. Als Wandschmuck eignet sich auch hier Kunst, soweit dies wegen der Hygiene zulässig ist.

Das *Mobiliar*, das dem Gesamtkonzept entspricht, bietet in Form von Einbauschränken von Wand zu Wand und vom Boden bis zur Decke genügend Stauraum. Durch raumhohe Schränke wird vermieden, daß das oberste Einlagebrett als praktische, jedoch für den Patienten unansehnliche Abstellfläche mißbraucht wird. Auch wenn es für das medizinische Personal einige Handgriffe mehr bedeutet, sollte auf Schranktüren nicht ganz verzichtet werden. Einige Regalteile können durchaus ohne Türen ausgestattet sein, was vermeidet, daß der Raum zu aufgeräumt wirkt. Geschlossene Schrankbereiche sind außerdem der Hygiene dienlich, weil sich Staub und Schmutz nicht auf den gelagerten Dingen absetzen kann.

Die *Beleuchtung* muß besonders sorgfältig auf die jeweiligen Anforderungen abgestimmt sein. Die Unterschiede ergeben sich durch die einzelnen Tätigkeiten und Funktionen eines Raumes: Vorbereitung, Untersuchung bzw. Behandlung und Nachbereitung. Zu bedenken sind zukünftige Tendenzen wie operative Eingriffe mit Hilfe von MRT und in der Strahlentherapie, die eine besondere Beleuchtung erfordern. Die tatsächlichen Anforderungen an die Helligkeit der Beleuchtung muß mit den späteren Nutzern abgestimmt werden. In allgemeinen Untersuchungs- und Behandlungsräumen werden mindestens 500 Lux gefordert. Jedoch kommt es bei den vorliegenden medizinischen Bereichen weniger auf die Beurteilung von Krankheitsbildern an, wofür eine tageslichtweiße Beleuchtung wichtig wäre, sondern momentan um das Wohlbefinden des Patienten.



Abb. 84: Deckengestaltung und natürliche Belichtung, Computertomograph in einer Praxis für Radiologie, Siegen, 1993 (Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 140)

Die Deckenbeleuchtung spielt dabei eine enorme Rolle, da die Patienten mit dem Blick nach oben liegen. Sie sind konzentriert auf ihre Aufgabe und haben zugleich mit ihren Ängsten zu kämpfen. Eine entspannende Beleuchtung, die etwas atmosphärisches, Besonderes an sich hat, kann dem Patienten helfen, sich seiner Welt zu „entrücken“. Interessante Effekte lassen sich mit Deckenflutern oder Wandstrahlern erzielen, die gedimmt werden können und dadurch eine angenehme Atmosphäre bewirken. Eine individuelle farbechte Arbeitsplatzbeleuchtung spielt nur im Bereich der Lithotripsie eine Rolle, da in diesen Räumen bereits endoskopische Eingriffe üblich sind. Generell gilt,

daß jede Beleuchtungsart blendfrei sein muß, sowohl für den Patienten wie auch für das Personal. Deshalb sollten Spots nicht direkt in das Gesichtsfeld des liegenden Patienten leuchten.



Abb. 85: Praxis für Radiologie, Siegen, Deckengestaltung und natürliche Belichtung im MRT-Raum, 1993
(Quelle: SCHOSSIG, E. (1995), Seite 71)

Allgemein besteht bei dem medizinischen Personal und den Patienten der Wunsch nach natürlicher Belichtung. Diese ist in der Regel mit einem erhöhten finanziellen Aufwand durchführbar. Geht man davon aus, daß der Patient sich tatsächlich wie ein Kunde verhält, der die Angebote vergleicht, wird die natürliche Belichtung und die damit wesentlich verbesserte Raumwirkung einen positiven Einfluß auf seine Entscheidung und damit auf die Auslastung der Abteilung haben. Zu beachten ist, daß manche Behandlungsarten es erfordern, den Raum verdunkeln zu können. Dies sollte für das Personal mit nur wenigen Handgriffen oder - noch besser - automatisch möglich sein.

Der *Schallschutz* darf in diesen Untersuchungs- und Behandlungsräumen auf keinen Fall vernachlässigt werden. Einerseits soll der Patient durch eindringenden Lärm nicht von seiner Untersuchung abgelenkt werden, andererseits entstehen durch die Untersuchung mit MRT oder die Behandlung mit Lithotripter Geräusche, die andere Patienten und Besucher verunsichern können. Auf die Schalldichtheit insbesondere der Türen ist zu achten.²⁶²

Die medizinischen Großgeräte benötigen in der Regel eine eigene Klimatisierung. Diese ist entweder für den Untersuchungs-/Behandlungsraum an sich notwendig, um die Temperatur auf einem für den nur leicht bekleideten Patienten angenehmen Niveau zu halten oder für die Kühlung der Technikräume, in denen Rechner mit einer enormen Wärmelast installiert sind. Die Planungen hierfür sind unbedingt mit den Geräteherstellern abzusprechen.

Die Anforderungen an den *Arbeitsschutz* und den *Strahlenschutz* sind bei den zu betrachtenden Bereich sehr unterschiedlich. Deshalb wird auf diese in den jeweiligen Kapiteln eingegangen. Die Anforderungen an die Hygiene sind ebenso sehr unterschiedlich und sollten im konkreten Planungsfall mit der Hygienefachkraft besprochen werden. Bisher wurden die Räume für Strahlentherapie und Kernspintomographie mit Teppichboden und Holzverkleidungen recht wohnlich gestaltet.

²⁶² Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 63

Der Trend wird in den Bereichen MRT und Strahlentherapie, ebenso wie bereits in der Urologie, von der reinen Untersuchung hin zur interventionellen Therapie am geöffneten Körper entwickeln. So wird es bald möglich sein, in den Räumen des MRT Operationen unter Bildgebung vorzunehmen, wofür die Hersteller bereits offene MRT (ohne „Gantry“) konzipiert haben. Außerdem gibt es in der Strahlentherapie die Möglichkeit, den Tumor direkt am geöffneten Körper zu bestrahlen. Dies ist effektiver und schonender für das umgebende Gewebe. Deshalb sollen zukünftig Planungen so flexibel wie möglich sein, damit diesen Entwicklungen Raum gegeben werden kann. Diese Umnutzungsmöglichkeiten von Räumen ist sicherlich nur möglich, wenn genügend Fläche zur Verfügung steht. Übertriebenes Flächensparen, wie es durch die Vorschriften zur Finanzierung von Krankenhausbauten noch verstärkt wird, führt mit Sicherheit in eine Sackgasse, so daß neue Technologien nur mit langen Verzögerungen eingeführt werden können.

Abschließend sollen einige wenige *Nebenräume* betrachtet werden. Dies sind zum einen die Sanitärräume und die Personalräume.



Abb. 86: Sanitärraum in einer Praxis für Allgemeinmedizin, Basel, 1985
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 173)

Da die meisten Toiletten sehr beengt untergebracht sind, spielt die richtige Farbwahl eine besonders wichtige Rolle. Hellblaue Farbtöne vergrößern solche Räume optisch, verstärkt wird dies durch die Verwendung kleinformatiger Fliesen. Helle Wände, dunklere Fußböden und wenn nötig abgehangene Decken wirken sich günstig auf die Raumproportion aus. Spiegel sollen wohldurchdacht angeordnet werden, damit deren Wirkung spannend aber nicht verwirrend ist. Eine ruhige klare Gestaltung auch in Verbindung mit der Anordnung der Sanitärobjekte bringt eine angenehme Atmosphäre. Natürlich ist bei der Materialauswahl besonders auf Hygiene und Pflegeleichtigkeit zu achten.²⁶³

²⁶³ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 64



Abb. 87: Patiententoilette in einer Praxis für Radiologie, Siegen, 1993
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 76)

Die Beleuchtung der Toilettenräume spielt eher eine untergeordnete Rolle. Sie soll ausgeglichen sein und braucht keine Akzente. Eine Spiegelbeleuchtung und kleinere Spotlights in einem Warmton schaffen genügend Helligkeit. Die Beleuchtung soll nicht bloßstellend hell sein, eher schmeichelnd gedämpft. Dies kommt einer gesund wirkenden Gesichtsfarbe zugute.



Abb. 88: Aufenthaltsraum in einer Praxis für Orthopädie und Chirurgie, Basel, 1990
(Quelle: SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 67)

Die *Personalaufenthaltsräume* werden in der Planung häufig stiefmütterlich behandelt. Dabei sollte die positive Wirkung gut gestalteter Räume und deren indirekte Wirkung auf den Patienten nicht vergessen werden. Die Atmosphäre soll ruhig und entspannend wirken, der Ausblick ins Grüne kann dieses Ziel unterstützen.²⁶⁴ Natürliche Belichtung also und zusätzlich eine atmosphärische warme Beleuchtung können die entspannende Wirkung unterstützen. Farbe und Materialien ordnen sich in das Gesamtkonzept ein, die Bestuhlung kann der im Wartebereich entsprechen.²⁶⁵

²⁶⁴ Vgl. SCHMIEG, P. (1987b), S. 58

²⁶⁵ Vgl. SCHOSSIG, E. u. a. (1995), S. 73

6 Analyse und Bewertung vorhandener Beispiele und Lösungsansätze für zukünftige Planungen

In diesem Kapitel wird anhand von gebauten Beispielen die jetzige Situation analysiert, untersucht und bewertet.²⁶⁶ Die *Erarbeitung von Planungsansätzen* orientiert sich dann an Aspekten, die in den vorhergehenden Kapiteln erarbeitet wurden. So werden aus der Umweltpsychologie insbesondere die Aspekte der Erregung, der Lust und der Dominanz eine Rolle spielen. Eine eigens aufgestellte Crowding-Checklist aus der Crowdingforschung wird auf die Einzelmerkmale Material, Farbe, Beleuchtung, Möbel, Kunst, Pflanzen sowie den subjektiven Eindruck bezüglich des persönlichen Wohlbefindens angewendet.

Unter diesem Kapitel soll es nicht um die funktionellen Zusammenhänge der einzelnen Räume und Flächen gehen, die hauptsächlich durch möglichst kurze Wege für das Personal bestimmt werden. Vielmehr geht es in diesem Kapitel um die *bauliche Gestaltung und Innenausstattung von den Untersuchungs- und Behandlungsräumen*. Diese hat zum Ziel, den Aufenthalt für den Patienten so angenehm und entspannend wie möglich zu gestalten. Durch eine harmonische Gestaltung wird das Personal natürlich auch positiv beeinflusst. Dies spiegelt sich wider in dem freundlichen und warmherzigen Verhältnis zum Patienten und zu anderen Mitarbeitern sowie zur Arbeitsweise/Motivation. So kann man davon ausgehen, daß eine für den Patienten angenehme Gestaltung auch dem Personal gefällt und somit auch eine geringe Fluktuation zur Folge hat.²⁶⁷

In diesem Kapitel wird es also nicht darum gehen, wie die einzelnen Funktionen optimal angeordnet werden. Um allerdings eine gewisse Orientierung zu ermöglichen, werden die notwendigen Räume zu Beginn eines jeden Unterkapitels kurz aufgelistet.

Um bei der analytischen Beschreibung strukturiert vorgehen zu können, wurden einige zentrale Fragen formuliert.

- Mit welchen psychischen Voraussetzungen kommt der Patient in diesen medizinischen Bereich?
- Gibt es vor der Untersuchung/Therapie Vorgespräche, die dem Patienten alle notwendigen Informationen geben? Wie bereiten sie sich selber auf die Untersuchung/Therapie vor?
- Wie sieht der Weg des Patienten aus?
- Welche Resultate ergeben sich daraus für die baulichen Gestaltung der verschiedenen Bereiche?

Diese Fragen können nur beantwortet werden, indem mehrere Kliniken besichtigt werden und zahlreiche Gesprächspartner aus medizinischen und technischen Bereichen zur Verfügung stehen. Zu Beginn der nun folgenden Kapitel werden die besichtigten Kliniken und Abteilungen mit den jeweiligen Gesprächspartnern genannt, ohne die diese Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

²⁶⁶ Vgl. SCHMIEG, P. (1987a), S. 10

²⁶⁷ Vgl. TRÜBSBACH (1996)

6.1 Strahlentherapie

Kantonsspital **Aarau**, Schweiz, (in Betrieb: Linearbeschleuniger, Kobalttherapie; Kreisbeschleuniger derzeit nicht in Betrieb; Alter etwa 10 Jahre) Ansprechpartner: Chefarzt Dr. Schwegler

Universitätsklinikum, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus der TU **Dresden**, (in Betrieb: zwei Linearbeschleuniger, Kobalttherapie, Afterloading; in Planung: neues Afterloading) Ansprechpartner: Dr. Voigtmann, Leitender Physiker

Städtisches Klinikum, **Karlsruhe**, (derzeit im Einbau: Linearbeschleuniger und Simulator; in Betrieb: Linearbeschleuniger; Alter etwa 12 Jahre; in Planung: Linearbeschleuniger), Ansprechpartner: Fr. OA Dr. Naumann, Strahlenschutzbeauftragte

Klinikum, **Mannheim** (in Betrieb: Linearbeschleuniger und Kobalttherapie; Alter etwa 6 Jahre) Ansprechpartner: OA Dr. Lehmann

Heinrich-Braun-Krankenhaus, Städtisches Klinikum **Zwickau**, (in Betrieb: zwei Linearbeschleuniger, Afterloading; Alter etwa 1 Jahr) Ansprechpartner: Herr Hübner, Projektmanager bei Siemens

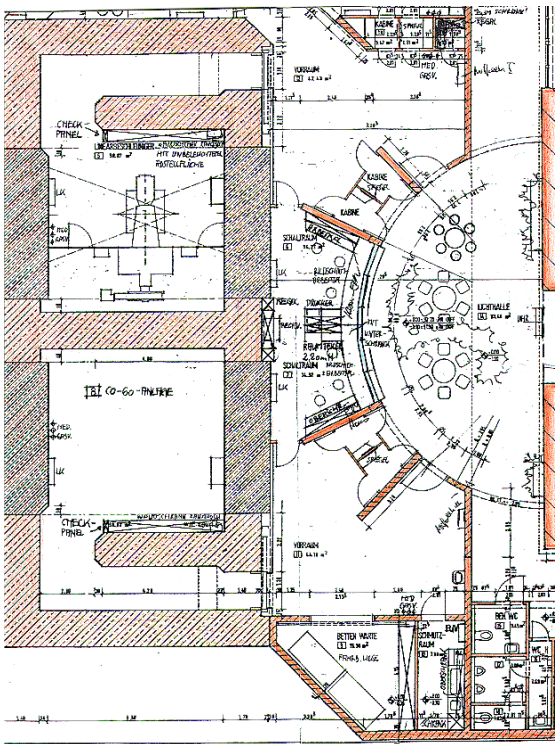


Abb. 89: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Grundriß Strahlentherapie-Bereich
(Quelle: Plan freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Dr. Lehmann/Dr. Neumann, Physiker)

Die wichtigsten Räume, die vom Patienten wahrgenommen werden sind: Anmeldung, Wartebereiche, Patiententoilette, Umkleidekabine, Bestrahlungsraum und die Wegverbindungen.



Abb. 90: *Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Anmeldung mit Tageslichtbeleuchtung*

Für die funktionelle Abwicklung sind folgende Räume notwendig: Technikraum mit Klimageräten, Schaltraum, Räume für Lokalisation mit Simulator, Räume für Bestrahlungsplanung und Therapiebesprechung, Büroräume für Verwaltung, Räume für Ärzte und Physiker, des weiteren physikalisches Labor, Lager für Geräte, evtl. auch für Betten, Archiv, eventuell Vorbereitung und Aufwachraum, reiner und unreiner Wäscheraum, Müllraum, Werkstätte für Bleibearbeitung und Elektroarbeiten.



Abb. 91: *Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Raum für Bestrahlungsplanung mit meterdicken Wänden des ehemaligen Bunkers*



Abb. 92: *Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Werkstatt für Bleiklötze*

Für das Personal sollen Sozialräume in ausreichender Quantität und Qualität vorhanden sein: Aufenthaltsräume, Umkleieräume, WC.



Abb. 93: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Schaltraum



Abb. 94: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Schaltraum mit Ausblick auf den Wartebereich und indirekter Tageslichtbeleuchtung

Für die Voruntersuchungen sind Räume für Computertomographie mit Umkleiden usw., Schaltraum, Rechenraum, Fotolabor und Dunkelkammer notwendig.²⁶⁸

Der analytischen Beschreibung der psychischen Verfassung der Patienten einer Strahlentherapieabteilung sollen einige Bemerkungen zu den Anforderungen an das und des Personals einer solchen Abteilung vorangestellt werden:

An dem Erfolg einer Abteilung für Strahlentherapie ist das Personal wesentlich beteiligt, weshalb bei der baulichen Planung einer solchen Abteilung nicht nur die Ansprüche der Patienten sondern ausdrücklich auch die des Personals beachtet werden müssen. Eine gute bauliche Qualität einer Strahlentherapieabteilung trägt sicherlich auch dazu bei, daß eine größere Anzahl an Berufseinsteigern mit besserer Qualifikation sich entscheidet, in einer Strahlentherapieabteilung arbeiten zu wollen. Diese Berufswahl erfordert vom Personal Überzeugung und Engagement, sich in den Dienst am Kranken einzubringen. Allerdings geht die Arbeit in einer Strahlentherapie weit über die der bloß Pflegenden hinaus: Die soziale und räumliche Ausprägung einer Klinik für Strahlentherapie

²⁶⁸ Vgl. WALTERSDORFER, R. (1987), S. 218 f.

muß es schaffen, die intellektuellen Anforderungen des Personals zu erfüllen und die psychischen Belastungen auszugleichen. Als die Strahlentherapieabteilung des Kantonsspitals in Aarau noch im Kellergeschoß lag, sprachen die Patienten davon, daß sie schon zu Lebzeiten in ihr Grab hinabsteigen müßten. Deshalb wurde unter Leitung von Dr. Schwegler ein ebenerdiger Bau mit Tageslicht in allen Räumen, verbunden mit einem wesentlich höheren finanziellen Aufwand, ausgeführt.²⁶⁹

Die Patienten haben vor der Behandlung Angst. Ob bzw. wie schnell sich diese legt, hängt in erster Linie von den sie umgebenden Menschen ab, außerdem von den Apparaten und der bauliche Hülle. Das Personal im Kantonsspital Aarau ist aufgrund seines angenehmen Umgangs mit den Patienten von ihnen sehr angesehen: manche äußern nach den vier bis acht Wochen dauernden Behandlungen sogar Bedauern, daß sie nicht mehr kommen müssen, obwohl sie andererseits froh seien, nicht mehr bestrahlt werden zu müssen.²⁷⁰ Die Patienten fühlen sich hier im doppelten Sinn gut behandelt: medizinisch und menschlich.

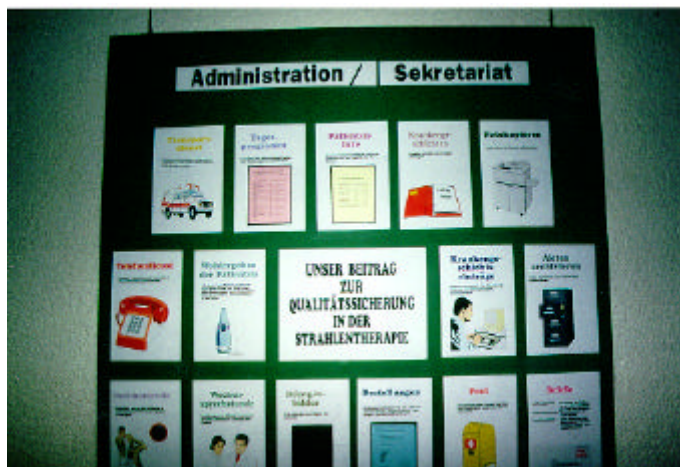


Abb. 95: Kantonsspital Aarau, Strahlentherapie, Informationstafel „Unser Beitrag zur Qualitätssicherung in der Strahlentherapie“

Grundlegend für eine gute Beziehung zum Personal ist auch dessen Interesse am persönlichen Umfeld der Patienten. Der Patient soll als gleichberechtigter Partner in der Behandlung gesehen werden. Herzenswärme und die Fähigkeit, mit Aggressionen umgehen zu können, sind wesentliche Eigenschaften, die das Personal in einen solchen Beruf mitbringen muß. Um solche Probleme zu diskutieren, gibt es in Aarau einen täglichen Rapport, wobei neue und bereits in Therapie befindliche Patienten besprochen werden. Bei dieser täglichen Besprechung sind immer etwas 2/3 der Mitarbeiter anwesend, die unabhängig ihrer Stellung ihre Probleme äußern und Anregungen weitergeben können. Es gibt also ein Forum, wo sie ihre inneren Spannungen lösen können.²⁷¹

²⁶⁹ Vgl. SCHWEGLER (1996)

²⁷⁰ Vgl. SCHWEGLER (1996)

²⁷¹ Vgl. SCHWEGLER (1996)



Abb. 96: Kantonsspital Aarau, beim täglichen Rapport im Bibliothekszimmer
(Quelle: PROJEKTLEITUNG STRAHLENTHERAPIE (HRSG.) (1986), S. 52)

Eine unentbehrliche Haltung einer Strahlentherapieabteilung muß die Wahrheit sein, und zwar auch gegenüber dem Patienten, selbst gegen den Willen der Angehörigen. Das garantiert Vertrauens auf Lebenszeit zwischen Patienten und Personal. So erhält ein Patient, sollte seine Bestrahlung mehr palliativ denn kurativ sein, die Möglichkeit, das Leben der Angehörigen nach seinem Tod mit zu gestalten. Dies Chance würde ihm durch Unwahrheit genommen.²⁷²

- **Mit welchen psychischen Voraussetzungen kommt der Patient in diesen medizinischen Bereich?**

Patienten der Strahlentherapie haben in der Regel eine kräftezehrende Chemotherapie hinter sich bzw. befinden sich noch in der Behandlung mit verschiedenen Zytostatika. Sie haben sich also schon eine längere Zeit mit ihrer Krebserkrankung beschäftigt. Das bedeutet jedoch nicht unbedingt, daß sie ihre Situation bereits psychisch verarbeitet haben.

Das Zusammentreffen vieler Patienten mit dem gleichen Schicksal kann entweder zu der Krankheitsbewältigung einen positiven Beitrag leisten, in dem sie sich gemeinsam stark machen im Kampf gegen den Tumor. Es kann allerdings auch negative Auswirkungen haben, wenn sich die Probleme durch die Gespräche im Wartezimmer nicht lösen, sondern vermehren.

Der psychische Aspekt bei Strahlentherapiepatienten stellt hauptsächlich Angst dar. Diese Angst hat viele Ursachen: Angst vor der Behandlung, den körperlichen Nebenwirkungen und den ungewissen Ergebnissen. Angst vor der Zeit nach der Behandlung. Angst vor der eigenen Zukunft und der der Angehörigen. Angst vor dem Tod durch Krebs. Diese Faktoren beeinflussen Lebenswillen und Hoffnung oder Verzweiflung und Resignation eines Patienten der Strahlentherapie.

- **Gibt es vor der Therapie Vorgespräche, die dem Patienten alle notwendigen Informationen geben? Wie bereiten sie sich selber auf die Untersuchung/Therapie vor?**

Bevor der Patient jedoch tatsächlich bestrahlt wird, erhält er in einem ersten Vorgespräch, für das sich die Ärzte viel Zeit nehmen sollten, alle notwendigen Informationen zu dem Behandlungsverlauf. Hierbei kann er natürlich seine Fragen an die Ärzte richten. Die Anwesenheit von Angehörigen empfiehlt sich, da vier Ohren mehr hören als nur zwei. So bleibt die Information besser „gespeichert“. Daraufhin unterschreibt der Patient eine Einverständniserklärung, in der er bestätigt, daß er

²⁷² Vgl. SCHWEGLER (1996)

mit der Bestrahlung einverstanden ist und ihm die Risiken einer Bestrahlung bewußt sind. Wesentliches Ziel der Behandlung ist, den Tumoren durch die Bestrahlung zu bekämpfen, gleichzeitig aber die kritischen Organe nur mit einer verträglichen Strahlendosis zu belasten.²⁷³

Die Therapie läuft in der Regel über sechs Wochen. Während dieser Zeit wird der Patient täglich bestrahlt. Diese häufige Bestrahlung hat den Vorteil, daß kleinere und damit verträglichere Dosen verwendet werden. Als Vergleich dient der Verzehr eines Kuchens: Diesen kann man innerhalb von zwei Tagen essen. Das bedeutet, daß täglich 6 Stück gegessen werden - mit unangenehmen Nebenwirkungen. Wird der Kuchen über mehrere Tage verteilt, wird die tägliche Portion kleiner und es gibt kaum negative Nebenwirkungen.²⁷⁴

Im allgemeinen wird eine Bestrahlung eines Tumors oder eines Körperteils zusätzlich zu einer Chemotherapie vorgenommen. Beispielsweise ist bei Leukämie die Bestrahlung des Kopfes notwendig, da die Zytostatika im Gehirn nur bedingt wirkt. So können dort die Krebszellen eliminiert werden. Bei Kindern muß besonders darauf geachtet werden, daß die Dosis nicht zu hoch angesetzt wird, da sie sehr empfindlich auf Bestrahlung reagieren und viele gesunde Zellen zerstört werden.²⁷⁵

- **Wie sieht der Weg des Patienten aus?**

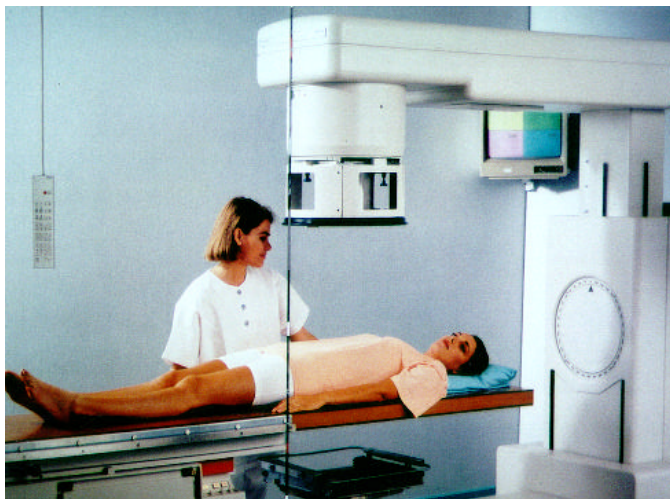


Abb. 97: *Heutige Technik: Simulator für die Strahlentherapie SLS von Philips*
(Quelle: Philips, Prospekt über SLS 23 und SLS 38 Simulator für die Strahlentherapie (1995))

Genaue Voruntersuchungen zur Klärung, was genau bestrahlt werden soll, sind notwendig, um die unvermeidliche Bestrahlung der den Tumor umgebenden Organe so gering wie möglich zu halten. Diese sogenannten kritischen Organe vertragen wegen der Nebenwirkungen einer Strahlenbehandlung nur eine ganz bestimmte Strahlendosis. Nebenwirkungen werden unterschieden zwischen Spätreaktionen, die erst Monate bis Jahre nach der Bestrahlung auftreten, und akuten Nebenwirkungen, die bereits in den Wochen der Bestrahlung auftreten: Kurzzeitiger Haarausfall bei Bestrahlung des Kopfes, Schleimhautentzündungen in Mund oder Speiseröhre bei Bestrahlung der

²⁷³ Vgl. NAUMANN (1996)

²⁷⁴ Vgl. NAUMANN (1996)

²⁷⁵ Vgl. NAUMANN (1996)

Kopf-Hals-Region, Übelkeit oder Durchfälle bei Bestrahlung im Bauchbereich oder Hautrötungen bei Bestrahlung der Brust.²⁷⁶



Abb. 98: Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, Strahlentherapie, Simulator mit Bleiglasfenster

Zuerst wird der Patient umfassend an einem Simulator untersucht, um das Zielvolumen genau zu lokalisieren. Diese Untersuchung ist langwierig, in dem Simulatorraum verbringt der Patient durchschnittlich 45 Minuten. Dies wurde früher auch anhand von Phantomen vorgenommen, heute speichert der Computer alle notwendigen Informationen über Lage und Größe des Tumors. Diese am Simulator per Röntgenstrahlen gewonnenen Aussagen erlauben es, den Patienten für die Bestrahlung richtig zu positionieren. Um bei jeder einzelnen Bestrahlung wieder die gleiche Lage einnehmen zu können, werden dem Patienten Markierungen aufgezeichnet, die mit Hilfe eines Lasers immer wieder eingerichtet werden.²⁷⁷ Der Simulator ist also ein Röntgengerät zur Bestrahlungsplanung am therapiegerecht gelagerten Patienten.²⁷⁸



Abb. 99: Einrichten des Patienten auf der Liege mit Hilfe von Laserstrahlen
(Quelle: GEO WISSEN (1995), S. 86)

In städtischen Kliniken kommen die Patienten sowohl ambulant als auch stationär zur Bestrahlung. Letztere sind häufig Notfälle. Nach seiner Anmeldung verweilt der Patient im Wartebereich. Nach dem Aufrufen betritt er die Umkleidekabine, die als Schleuse in den medizinischen Bereich führt. In

²⁷⁶ Vgl. SAUTTER-BIHL, M. L. u. a. (1996), S. 19 f.

²⁷⁷ Vgl. NAUMANN (1996)

²⁷⁸ Vgl. LAUBENBERGER, T. (1990), S. 564

der Umkleide legt er die Kleidung so ab, daß die Markierungen sichtbar und das Bestrahlungsfeld frei zugänglich wird. Der Patient erhält in der Umkleide ein Flügelhemd, das er auf dem Weg in den Bestrahlungsraum umhängen kann.



Abb. 100: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Wartebereich mit natürlicher Beleuchtung, Kinderwartebereich und Sanitärräumen



Abb. 101: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Umkleidekabinen mit natürlicher Beleuchtung

Während des Umkleidens haben die medizinischen Mitarbeiter den Bestrahlungstisch und den Beschleuniger auf den neuen Patienten eingestellt. Durch das Eingangslabyrinth, welches das Gewicht der Strahlenschutztür vermindert, betritt der Patient den Bestrahlungsraum und wird auf den Tisch entsprechend seiner Markierungen gelagert. Hier muß er absolut reglos liegen, damit das Zielvolumen bei der Bestrahlung nicht verfehlt wird.



Abb. 102: *Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Vorbereitung des Linearbeschleunigers für den nächsten Patienten, rechts im Hintergrund ein Bleisattel*

Für die Bestrahlung vom Kopf werden individuelle Masken aus Wachs angefertigt, die den Kopf in der gleichen Position halten. Individuell hergestellte Bleisattel und Bleiteile halten Strahlung von sensiblen Organen ab. Die Bestrahlungsdauer liegt normalerweise im Sekundenbereich, bei Kobaltgeräten kann die Bestrahlungszeit in Abhängigkeit des Alters der Kobaltquelle bis zu wenigen Minuten dauern. Während der Bestrahlung besteht Sichtkontakt per Videokameras und Sprachkontakt über eine Mikrophon zum Patienten. Nach der Bestrahlung verläßt er durch die Umkleiden den Behandlungsbereich.²⁷⁹



Abb. 103: *Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Raum für Hyperthermie*

Mit einer Wärmebehandlung, der sogenannten *Hyperthermie*, können Tumoren vernichtet werden. Hierbei kommen keine ionisierenden Strahlen, sondern Radio-Frequenz- oder Ultraschall-Wellen zur Anwendung. Der Tumor wird mit dem Hyperthermie-Gerät auf etwa 42 bis 43°C erwärmt, wobei das Zielvolumen gleichmäßig erwärmt werden muß, was durch den Wärme abtransportierenden Blutstrom beeinflusst wird. Die Wärmebehandlung zerstört hauptsächlich solche Zellen mit schlechter Sauerstoffversorgung, welche wenig strahlenempfindlich sind. Also können sich Hyperthermie und Strahlentherapie sinnvoll ergänzen.²⁸⁰

²⁷⁹ Vgl. NAUMANN (1996)

²⁸⁰ Vgl. SAUTTER-BIHL, M. L. u. a. (1996), S. 19



Abb. 104: Strahlentherapie in Mt. Sinai Medical Center, New York
(Quelle: MILLER, R. L. (1995), S. 14)

- **Welche Resultate ergeben sich daraus für die baulichen Gestaltung des Bestrahlungsraumes?**

Die bauliche Gestaltung in der Strahlentherapie soll dazu beitragen, die *Erregung* zu verringern oder gering zu halten, eine leise *Lust* zu verursachen und eine gewisse *Dominanz* zu erzielen (siehe Kapitel 4.2).

Material

Die *Materialien* in den besichtigten Abteilungen reichen von rustikaler Eiche bis zu heller Kiefer, von Putz bis Tapete, von Teppich bis Keramikfliesen. Ganz gleich, für welche Materialien sich die Planer entscheiden, auch das Detail macht die Atmosphäre eines Raumes.



Abb. 105: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Strahlentherapie, alter Linearbeschleuniger



Abb. 106: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Strahlentherapie, der "Ziegenpeter" beim alten Linearbeschleuniger

Die Materialien sollen sich in das *Gesamtkonzept* der Abteilung einfügen und so die vertraute Atmosphäre bis in den Bestrahlungsraum führen. Das Zusammenspiel der Materialien von Decke, Wand, Boden und Mobiliar muß bei der Planung insbesondere hinsichtlich seiner räumlich-optischen Wirkung beachtet werden. Es soll ein Raum entstehen, der Platz zum Atmen gibt. Eine relativ hohe Decke wäre sehr angenehm, ist dies nicht möglich, so erzielen frische lasierend aufgetragene Farben einen Eindruck von Weite und Platz.

Farbe



Abb. 107: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Linearbeschleuniger

Die meisten besichtigten Abteilungen passen sich in der *Farbwahl* den Bestrahlungsgeräten an. Diese sind weiß bis grau, manche mit wenigen Farbakzenten. Häufig sind also die Farben Weiß und Beige vorzufinden, die kaum Atmosphäre schaffen. Weiß wirkt im allgemeinen zwar sauber und hygienisch, ist aber keineswegs neutral, sondern wird eher kühl und distanziert empfunden. Beige ist zwar ein warmer Ton, wirkt in Räumen ohne Tageslicht meist schmutzigg und etwas dumpf.



Abb. 108: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Strahlentherapie, Zugangslabyrinth zum neuen Linearbeschleuniger (im Bau)

Die Farbgebung soll eine warme, dennoch frische, angenehme *Atmosphäre* schaffen. Blautöne lasierend aufgetragen im Deckenbereich, leicht kontrastierende Farben für die Wände, erreichen eine gewisse Vitalität. Weiß darf natürlich auch zur Anwendung kommen, besonders in Verbindung mit Holz (kein Kunststoffurnier!). Verzichtet werden sollte auf Farben, die nur eine Modeerscheinung sind und nach kurzer Zeit eine Renovierung erfordern.

Beleuchtung

Für die Beleuchtung gilt das Oberziel *Tageslichtbeleuchtung*. Ein vorbildliches Beispiel bietet das Kantonsspital Aarau: in der *ebenerdig* angelegten Abteilung für Strahlentherapie ist eine ganze Raumseite mit einer großzügigen Verglasung versehen. Bei einer solchen hervorragenden Ausführung ist jedoch zu beachten, daß das medizinische Personal für das Einrichten des Patienten anhand der Laserstrahlen den Raum verdunkeln muß. Dafür kommen Vorhänge, Jalousien oder Lamellen (Brandschutzvorschriften beachten!) in Frage. Unbedingt erstrebenswert ist, daß sich diese automatisch, am besten selbsttätig wieder öffnen, damit das Personal nicht zusätzlich durch solche Arbeiten belastet wird.

Zur Zeit werden neue Techniken entwickelt, die es ermöglichen, *Glasscheiben auf Knopfdruck zu verdunkeln*. Dafür sind Fenster mit zwei Verbundglasscheiben notwendig, zwischen denen eine elektrochrome Schicht oder Folie eingebracht wird. Diese Schicht kann sich durch das Anlegen einer variablen Spannung verfärben und liegt dann zwischen gelb, grün, blau, braun oder schwarz. Die Forschungen auf diesem Gebiet sind noch nicht abgeschlossen, so daß in etwa zwei bis drei Jahren mit Ergebnissen zu rechnen ist, die den Einsatz in Räumen der Strahlentherapie beurteilbar machen.²⁸¹

²⁸¹ Vgl. FISCHBACH, H.-P. (1996), S. 49



Abb. 109: Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Strahlentherapie, Linearbeschleuniger mit Tageslicht

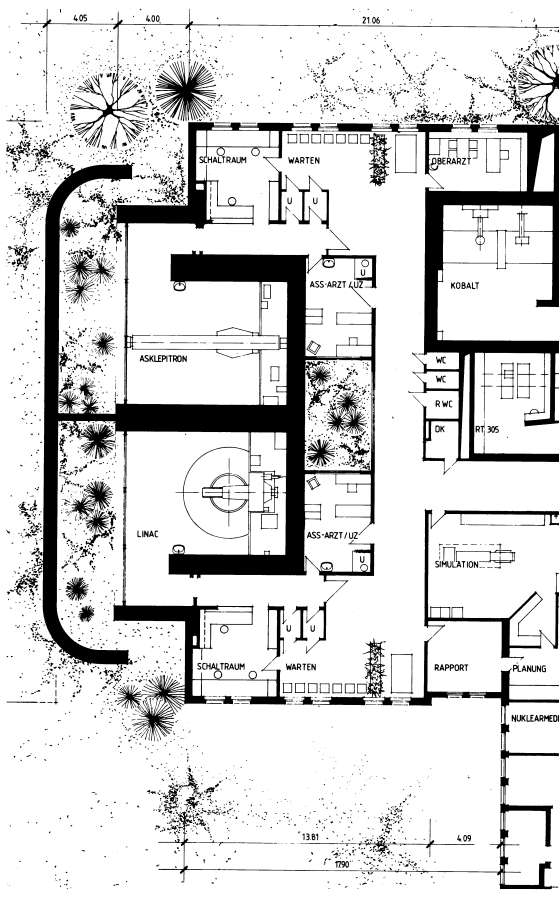


Abb. 110: Kantonsspital Aarau, Grundriß der Abteilung für Strahlentherapie
(Quelle: PROJEKTL EITUNG STRAHLENTHERAPIE (HRSG.) (1986), S. 24)



Abb. 113: Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Strahlentherapie, einer der Maschendrahtzäune um den Gefahrenbereich

Sollte eine natürliche Belichtung nicht möglich sein, so kann durch verschiedene Lampenarten eine atmosphärische Stimmung erzielt werden. Dimmbare Wandstrahler und Deckenfluter schaffen ein angenehmes Ambiente. Kleine Spots an der Decke sind heute eine Möglichkeit, lebendige Lichtwirkungen zu erreichen. Sie dürfen jedoch die Patienten nicht blenden. Außerdem ist darauf zu achten, zwischen Arbeitsbeleuchtung, Verdunklungsbeleuchtung und Behandlungsbeleuchtung zu unterscheiden.



Abb. 114: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 19.07.1996, Strahlentherapie, Deckengestaltung neuer Linearbeschleuniger
(Quelle: freundlicherweise zur Verfügung gestellt von der KAPEG mbH, Karlsruhe)

Möbel

Die Möbel müssen in erster Linie den Zweck erfüllen, alle notwendigen Utensilien aufzunehmen. Insbesondere müssen die individuellen Masken und Bleikötze²⁸² der Patienten gelagert werden. Da die Bleiklötze sehr schwer sind, sollten keine Schranktüren angebracht sein, da diese den Zugriff er-

²⁸² Vgl. NAUMANN (1996))

schweren. Für die Masken und das sonstige Zubehör wie Keile zur Lagestabilisierung und sonstiges Zubehör sollten schon deshalb Türen erhalten, damit der Raum nicht unaufgeräumt wirkt.



Abb. 115: Städtisches Klinikum Zwickau, 28.08.1996, Strahlentherapie, Zugangslabyrinth mit Möblierung



Abb. 116: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Raummöblierung beim Linearbeschleuniger



Abb. 117: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Linearbeschleuniger



Abb. 118: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Linearbeschleuniger

Die Gestaltung der Möbel sollte bei Einzelanfertigung einem Fachmann überlassen werden, der mit der Einrichtung von Bestrahlungsräumen vertraut ist. Insbesondere ist darauf zu achten, daß keine Flächen vorhanden sind, die dazu einladen irgendwelchen „Ramsch“ abzustellen, der entweder in einen Abstellraum oder in die Entsorgung gehört. Die meisten Räume der besichtigten Abteilungen wirkten durch herumstehende Utensilien chaotisch und dadurch wenig vertrauenserrückend. Die Möbel müssen eine gewisse Ordnung gewährleisten.



Abb. 119: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 19.07.1996, Strahlentherapie, Möblierung im Raum des neuen Linearbeschleunigers (Quelle: freundlicherweise zur Verfügung gestellt von der KAPEG mbH, Karlsruhe)

Kunst

Kunst bietet sich auch in Bestrahlungsräumen an, die Patienten zu entspannen und ihnen eine optische Abwechslung zu geben. Geeignete Plätze für Kunst dürften das Eingangslabyrinth, die Decke über dem Bestrahlungsgerät und die Wand in Blickrichtung des sich wieder aufsetzenden Patienten sein. Bei der Auswahl der Kunst ist auf eine positive Wirkung der Objekte auf die Gesamtverfassung des Patienten zu achten.



Abb. 120: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Strahlentherapie, Zugangslabyrinth mit Gemälde

Der Künstler Max Matter nutzte im Kantonsspital Aarau die Strahlenschutzwand als Projektionsfläche für seine künstlerische Ästhetik. Sein abstraktes Objekt entsteht durch Spiegelung von Sonnenstrahlen an Metall- und Glasflächen, die über farbige Aluminiumplatten montiert sind. Das Motiv setzt in inhaltlicher und physikalischer Weise die Anwendung von Strahlung in eine künstlerische sichtbare Veränderung um: „seine Sichtbarkeit wechselt ja nach Tages- und Jahreszeit oder den Bedingungen der Witterung.“²⁸³ Diese funktioniert insbesondere bei Sonnenschein, bei trübem Wetter kann der Effekt durch Scheinwerfer erzielt werden. Allerdings wäre wetterliches Mittelmaß zwischen Sonne und Dämmerung optimal, da das ungewöhnliche Objekt auf der Sichtbetonwand dann am besten erkennbar wird.²⁸⁴



Abb. 121: Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Strahlentherapie, veränderliche Kunst durch Strahlung

²⁸³ PROJEKTLEITUNG STRAHLENTHERAPIE (HRSG.) (1986), S. 66

²⁸⁴ Vgl. SCHWEGLER (1996)



Abb. 122: Kantonsspital Aarau, Strahlentherapie, veränderliche Kunst durch Strahlung
(Quelle: freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Dr. Schwegler)



Abb. 123: Kantonsspital Aarau, Strahlentherapie, veränderliche Kunst durch Strahlung
(Quelle: freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Dr. Schwegler)

Pflanzen

Gegenüber anders lautenden Meinungen scheint die Strahlenbelastung, wie in Aarau zu sehen ist, Pflanzen nichts auszumachen. Wenn diese Annahme richtig ist, wäre das Aufstellen von großzügigen Pflanzen im Bestrahlungsraum empfehlenswert. Solange in dem Raum keine intraoperativen Bestrahlungen vorgenommen werden, dürfte es keine hygienischen Einwände geben.

Insgesamt soll das Ziel sein, eine menschenwürdige Umgebung zu schaffen. Diese Forderung beginnt schon bei dem Wartebereich an, wo häufig Kontakte zwischen den Patienten entstehen. Wesentlich beachtet werden sollte, daß alle Patienten von Bestrahlungen wegen der Nebenwirkungen blaß sind und sich nicht gerne vor anderen zeigen. Deshalb sollte in den Warte-, Umkleide- und Be-

handlungsbereichen auf gedämpftes Licht und dort wo Spiegel notwendig sind, auf eine schmeichelnde Beleuchtung geachtet werden.²⁸⁵

Zur Ablenkung des Patienten während der Bestrahlung empfiehlt sich ein Radio oder ein Gerät zur Wiedergabe von ruhiger Musik. Beim Radio ist auf die Wahl des Senders, sowie auf die Zeiten von Werbung und Nachrichten zu achten. Geeigneter erscheint ein CD-Player zu sein, da er individuellen Wünschen der Patienten gerecht werden kann.²⁸⁶

6.2 Lithotripsie

Kantonsspital Aarau, Schweiz, (in Betrieb: mobiler Lithotripter von Storz, Alter etwa 6 Jahre) Ansprechpartner: Chefarzt Prof. Dr. Tscholl

Universitätsklinikum, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus der TU Dresden, (in Betrieb: Untertisch-Lithotripter von Philips/Dornier; Alter etwa 6 Jahre) Ansprechpartner: Chefarzt Prof. Dr. Wirth und OA Dr. Menseck

Städtischen Klinikum, Karlsruhe, (in Betrieb: Ober- und Untertisch-Lithotripter von Siemens, Alter etwa 10 Jahre) Ansprechpartner: Herr Bartels, Oberpfleger

Klinikum Mannheim, (in Betrieb: Ober- und Untertisch-Lithotripter von Siemens, Alter etwa 8 Jahre) Ansprechpartner: OA Dr. Jünemann

Städtisches Krankenhaus, Riesa, (in Betrieb: mobiler Lithotripter; Alter unbekannt) Ansprechpartner: Herr Tegge, Philips

Die Räume, die der Patient in einer urologischen Abteilung zur Steinertrümmerung aufsucht, unterscheiden sich durch unterschiedliche Gerätetypen: Stationäre Lithotripter, multifunktionale urologische Untersuchungs- und Behandlungseinheit mit Lithotripter oder mobile Lithotripter.

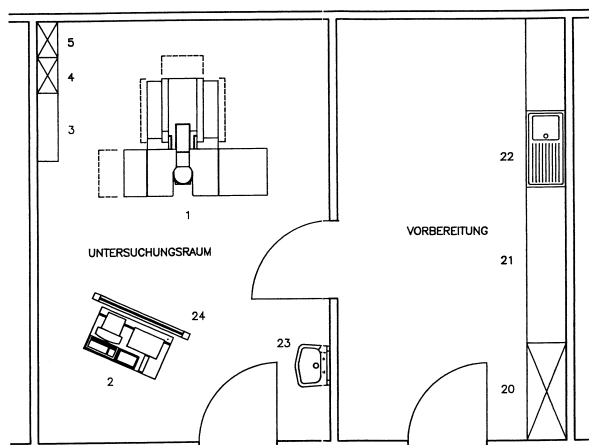


Abb. 124: Einfacher Grundriß eines Raumes für Lithotripsie
(Quelle: SIEMENS, Plan für Röntgen-Diagnostik/Lithotripsie (1995))

²⁸⁵ Vgl. NAUMANN (1996)

²⁸⁶ Vgl. NAUMANN (1996)

Bei einem stationären Lithotripter kommt der Patient in seinem Patientenbett direkt aus der Station in den Behandlungsraum und wird danach wieder auf die Station gebracht. Bei einem mobilen Lithotripter findet die Behandlung auf Überweisung eines niedergelassenen bzw. eines Stationsarztes der Urologie in einem mehrfach genutztem Raum statt. Für Patienten von mobilen Lithotriptern werden die Bereiche Wartezone, Umkleide, WC, Vorbereitungsraum, Behandlungsraum und ein Raum zur Überwachung direkt nach der Behandlung wichtig.



Abb. 125: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Urologie, Anmeldung



Abb. 126: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Urologie, Wartebereich

Direkt zum Behandlungsraum gehört ein Technikbereich, ein Schaltraum mit Röntgenabschirmung und ein Schreibplatz. Die weiteren Funktionsräume, die bereits im Kapitel 6.1 genannt wurden, werden teilweise auch notwendig. Ganz wesentlich ist auch die Beachtung der vielzähligen Bildschirmarbeitsplätze. Diese benötigen Platz und müssen eingeplant werden.²⁸⁷ Die Aufenthaltsräume, Umkleideräume und Toiletten für das Personal sind nicht zu vernachlässigen.

- **Mit welchen psychischen Voraussetzungen kommt der Patient in diesen medizinischen Bereich?**

Die stationären Patienten sind jeden Alters und werden im allgemeinen mit Flankenschmerzen, Übelkeit oder Blut im Urin in das Krankenhaus eingeliefert. Häufig müssen Patienten mit einer starken Kolik, einem krampfartigen Leibschmerz, verursacht durch Gallen- oder Nierensteine, behandelt werden. Ursachen für Gallen- oder Nierensteine können allgemeine Stoffwechselstörungen und Funktionsstörungen der betroffenen Organe sein, außerdem die Lebensweise des jeweiligen Patienten verbunden mit Alkoholgenuß oder zuwenig Flüssigkeitsaufnahme.²⁸⁸

Die psychische Verfassung von Patienten für Steinertrümmerung kann geprägt sein von Schmerzen, die, so die Aussage eines ehemaligen Patienten, so enorm sind, daß man damit gar nicht umgehen kann. Die Beschwerden können allerdings auch relativ gering sein. Des weiteren wird die Verfassung beeinflusst durch die Vorbereitung auf bzw. die Angst vor der Behandlung. Hat ein Patient diese Behandlungsform der Steinentfernung bereits kennengelernt, weiß er, daß diese Behandlung sehr schmerzhaft ist. Die Schmerzen können mit einem venös verabreichtem Schmerzmittel oder mit einer allgemeinen Betäubung gelindert werden. Außerdem kann eine richtige Narkose eingeleitet werden, bei der der Patient allerdings selber atmet. Dies wird nur sehr selten notwendig, hauptsächlich bei sehr sensiblen Patienten oder Kindern.

- **Gibt es vor der Untersuchung/Therapie Vorgespräche, die dem Patienten alle notwendigen Informationen geben? Wie bereiten sie sich selber auf die Untersuchung/Therapie vor?**

Die stationären Patienten werden durch das Personal der Station auf die Behandlung vorbereitet. Patienten, die ambulant behandelt werden, scheinen demgegenüber einen Nachteil zu haben: Ihre Vorbereitung findet teilweise beim niedergelassenen Arzt, vom Arzt der urologischen Station oder vom Bedienpersonal des Lithotripters statt. Dieses Verteilung des Kompetenzen kann dazu führen, daß sich keiner dafür zuständig fühlt, mit dem Patienten ausführlich über die Behandlung und deren Risiken zu sprechen. Manches Mal scheinen die Patienten dadurch sogar relativ unvorbereitet zu sein.

Besonders wichtig erscheint auch die Zeit direkt nach der Behandlung für die Psyche des Patienten zu sein. Handelt es sich um stationäre Patienten, ist diese Problematik weniger wichtig als bei ambulanten Patienten. Diese sollten nach der Behandlung unbedingt einige Zeit in einem betreuten Ruheraum verbringen. Keinesfalls dürfen sie direkt nach Hause geschickt werden, da nicht nur medizinische Komplikationen wie z. B. Blutungen der Niere, sondern auch psychische Schwierigkeiten auftreten können. Der Patient würde mit seinen körperlichen und seelischen Problemen sich selbst überlassen. Er kann die Grenze zwischen üblichem post-„operativem“ Schmerz und ungewöhnli-

²⁸⁷ Vgl. JÜNEMANN (1996)

²⁸⁸ Vgl. BARTELS (1996)

chen gefährlichen Schmerzen, die auf Komplikationen hinweisen, nicht erkennen. Am besten sollte er einen ganzen Tag zur Beobachtung im Krankenhaus bleiben.

Bei ambulant behandelten Patienten ergeben sich bei etwa 30% der Patienten im folgenden Schwierigkeiten, unter Umständen sogar eine Urosepsis, einer Vergiftung des gesamten Körpers durch gestauten Urin. Wird diese Gefahr nicht rechtzeitig erkannt und die Vergiftung behandelt, kann sie zum Tod führen. Nur etwa 50% der an einer Urosepsis erkrankten Personen haben eine Chance, diese zu überleben. Also ist trotz einer ambulanten Behandlung eine genaue Beobachtung und Überwachung der Patienten nach der Behandlung notwendig.²⁸⁹

• Wie sieht der Weg des Patienten aus?

Dem im allgemeinen gehfähigen Patienten wird vor der Behandlung erklärt, daß die Ultraschallwellen auf der Haut wie Schläge zu spüren sind. Im Körperinneren werden durch das Auftreffen der Stoßwellen auf Organe und Gewebe sowie durch abspringende zertrümmerte Steinteile Schmerzen hervorgerufen.

Zuerst wird der Patient genau untersucht, wo und wie große Steine er hat. Diese Lokalisierung findet entweder mit Röntgenstrahlen aus zwei Richtungen zur räumlichen Einordnung des Steins oder mit Sonographie statt. Letzteres eignet sich besonders für oberflächennahe Steine. Vorteile der Ultraschallortung sind die direkte Übereinstimmung von Anvisieren und Zertrümmern. Vorteile sind das gezielte Arbeiten und der Verzicht auf die Anwendung ionisierender Strahlung - wichtig vor allem bei der Behandlung von Säuglingen und Kindern. Besonders positiv ist bei dieser deckenhängigen Variante, daß die Stoßwelle mobil ist und zum Patienten geführt wird. Deshalb kann er eine bequeme Stellung einnehmen und wird nicht wie bei der Untertisch-ESWL in eine therapiegerechte Lage gezwungen.²⁹⁰

Ziel der Behandlung durch die nichtinvasive berührungsfreie ESWL ist es, nichtabgangsfähige Steine mit Ultraschall so zu zertrümmern, daß sie den Körper auf natürliche Weise verlassen können. Dafür werden im allgemeinen 3000 Schuß pro Behandlung eingesetzt. Die zertrümmerten Steinteile haben eine Größe zwischen 3 mm Durchmesser und Grieskorngröße. Das natürliche Abgehen kann zwischen wenigen Tagen und mehreren Wochen dauern. Weitere Behandlungen mit ESWL können notwendig werden, wenn nicht alle Steinteile klein genug sind. Begünstigt wird das Abgehen der Teile auf jeden Fall durch viel Trinken und Bewegung.²⁹¹ Die abgegangenen Steine können auf die Ursachen der Steinbildung untersucht werden.²⁹² Etwa zwei Wochen nach der Behandlung wird der Patient mittels Röntgen auf eventuell verbliebene Steine untersucht.²⁹³

²⁸⁹ Vgl. JÜNEMANN (1996)

²⁹⁰ Vgl. JÜNEMANN (1996)

²⁹¹ Vgl. BARTELS (1996)

²⁹² Vgl. Urologie, Kantonsspital Aarau, Schweiz, Gespräch am 18.9.1996

²⁹³ Vgl. TSCHOLL (1996)



Abb. 127: Kantonsspital Aarau, 18.09.1996, Urologie, Stoßwellenquelle

Insgesamt dauert die schmerzhafteste Prozedur der ESWL etwa 45 Minuten. Hinzu kommt die Zeit für das Einrichten der Geräte auf den Patienten und die Lagerung des Patienten. Sollte der Patient nicht völlig reglos die ganze Therapie liegen bleiben, kann mit einer Zwischenlokalisierung der Stein neu geortet werden.



Abb. 128: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Urologie, Schaltraum mit Jalousie (günstig für Intimsphäre des Patienten)

Zum Schutz des medizinischen Personals vor den Röntgenstrahlen gibt es zwischen Schalterpult und Patient eine abschirmende Plexiglasscheibe, die die Durchsicht zum Patienten gewährt. Außerdem sollte der Schutz vor dem Lärm, der vergleichbar ist mit elektrischen Entladungen, beim Personal durchgeführt werden. Jedoch ist der allgemein bekannte Gehörschutz wie Ohrenstöpsel oder Kopfhörer („Mickey-Mouse“) sehr unbeliebt, weil unbequem und werden deshalb so gut wie gar nicht aufgesetzt.²⁹⁴

²⁹⁴ Vgl. BARTELS (1996)



Abb. 129: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Schaltbereich für Röntgenortung

- Welche Resultate ergeben sich daraus für die baulichen Gestaltung des Behandlungsraumes?

Die bauliche Gestaltung in der Lithotripsie soll dazu beitragen, die *Erregung* zu verringern oder gering zu halten, eine gewisse *Lust* zu verursachen und eine erhöhte *Dominanz* zu erzielen. (siehe Kapitel 4.2)

Material

Die *Materialien*, die in den besichtigten Abteilungen verwendet wurden, sind nicht sehr vielfältig. Die Wände sind im allgemeinen türhoch gefliest, darüber verputzt und gestrichen. Der Fußbodenbelag besteht zumeist aus unauffällig grau oder beige gemustertem Polyvinylchlorid (PVC).



Abb. 130: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Urologie, Blickrichtung des liegenden Patienten

Diese Materialien garantieren die notwendige Hygiene in Behandlungsräumen der Lithotripsie. Diese ist besonders dann wichtig, wenn die Räume bzw. die Geräte multifunktional genutzt werden, was in der Urologie häufig der Fall ist. Mobile Lithotripter werden entweder in den normalen Untersuchungs- und Behandlungsräumen der Urologie oder in Röntgenräumen aufgestellt, damit die notwendige Abschirmung gegen ionisierende Strahlung gewährleistet ist.

Um die hygienischen Vorschriften einzuhalten, wird die Auswahl von Materialien sich sicherlich weiterhin im Bereich Putz, Fliesen und PVC bewegen. Allerdings sollte dann ein verstärktes Augenmerk auf die Farbwahl gelegt werden.

Farbe

Die *Farbgebung* der besichtigten Objekte war meist nicht zufriedenstellend. Die nichtssagenden hellgelben, beigefarbenen, hellblauen oder hellgrünen Fliesen erinnern an die Gestaltung öffentlicher Toilettenanlagen und strahlen überhaupt keine Atmosphäre aus.

Ziel der Farbgebung ist, das Personal freundlich zu stimmen, den Patienten vom eigentlichen Geschehen abzulenken und dem ganzen Raum eine gewisse Dimension und Proportion zu verleihen. Letzteres bezieht sich auf die Raumhöhe, die in Altbauten meist recht hoch ist. Diese hohe Raumhöhe ist in der Lithotripsie notwendig, da sehr viele Geräte und Monitore an der Decke befestigt werden und das Personal noch darunter durchgehen möchte.

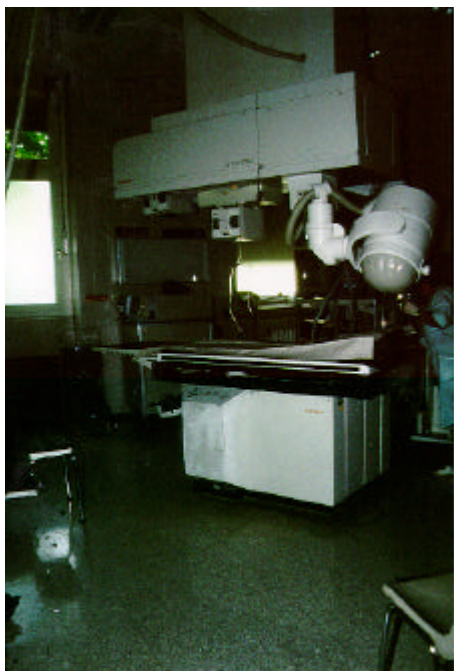


Abb. 131: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Urologie, enge räumliche Situation, vorne der Stuhl dient als Umkleidemöglichkeit

Für die Fliesen werden helle Farben vorgeschlagen, die dann durch eine Schmuckreihe in Türhöhe aufgelockert werden können. Außerdem lassen sich einzelne farbige Fliesen auf die Wände verteilen. Ob sich Weiß eignet, muß mit dem Reinigungspersonal abgesprochen werden, denn es besteht die Möglichkeit, daß sich die Fliesen und die Fugen beim Reinigen stark verfärben.

Beleuchtung

Die *Beleuchtung* in Räumen der Lithotripsie richtet sich weniger nach gestalterischen als nach funktionellen Gesichtspunkten. Der reibungslose Ablauf von Röntgen, Einrichten, Therapieren und gegebenenfalls Operieren muß gewährleistet werden. Trotzdem sollen die Belange insbesondere des Patienten nicht vergessen werden.

Bei der Behandlung liegt der Patient in der Regel auf dem Rücken mit Blickrichtung nach oben. Bei Untertisch-Lithotriptern muß der Patient auch manchmal in Bauchlage behandelt werden. Diese ist nicht nur körperlich unangenehm, sondern auch psychisch. Im bleibt nur der Blick auf den Boden. Außerdem kann er nicht überblicken, was hinter seinem Rücken vorgeht.

Die Beleuchtung muß also einerseits die funktionellen Abläufe unterstützen und andererseits den Patienten beruhigen und ihm die Kraft geben, die Behandlung durchzustehen.

Möbel

Außer den medizinischen Geräten zur Ortung und Behandlung von Steinen, den Narkosegeräten und sonstigen medizinischen Geräten befindet sich im Behandlungsraum kaum Mobiliar. Maximal ist eine Möbelzeile mit Ober- und Unterschränken mit Spülbecken und einigen Schubfächern vorhanden.



Abb. 132: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Urologie, Möblierung des Raums für ESWL

Diese muß den speziellen Anforderungen an die Hygiene und dem funktionellen Arbeitsablauf entsprechen. Deshalb wird hier normalerweise auf das Sortiment von Spezialherstellern zurückgegriffen. Die Oberflächen sind dann aus Kunststoff oder Metall. Die Farben variieren nur geringfügig zwischen hellen Tönen, es kann sich auch um Oberflächen aus Edelstahl handeln.

Kunst und Pflanzen

Kunst ist in Räumen der Lithotripsie nicht vorzufinden. Aus hygienischen Gründen sind im allgemeinen Pflanzen in diesen Räumen nicht gestattet.

Sollte doch die Möglichkeit vorhanden sein, den Raum mit Kunst auszustatten, so sollte auf die Verwendung vertrauter Motive wie z. B. Landschaften zurückgegriffen werden. Anspruchsvolle abstrakte Kunst scheint nur bedingt geeignet zu sein, da sie bei Patienten, die sich in einer körperlichen Extremsituation befinden, ungeahnte Assoziationen hervorrufen könnten.



Abb. 133: Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, Lithotripter mit Postern, links hinten Technicschränke

6.3 Kernspintomographie

Kantonsspital Aarau, Schweiz, (in Betrieb: MRT Gyroscan von Philips, Alter etwa 8 Jahre) Ansprechpartner: Chefarzt Dr. Roeren

Universitätsklinikum, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus der TU Dresden, (in Betrieb: MRT von Siemens, Alter etwa 1/4 Jahr) Ansprechpartner: Dr. OA Klengel/Herr Hübner, Siemens

Krankenhaus Dresden-Neustadt, (in Betrieb: MRT Gyroscan von Philips, Alter etwa 1 Jahr) Ansprechpartner: Herr Tegge, Philips

Radiologische Gemeinschaftspraxis Dr. Trübsbach, Dr. Dalicho und Kadalie, Dresden-Strehlen, (in Betrieb: MRT GYROSCAN von Philips, Alter etwa 5 Jahre) Ansprechpartner: Fr. Dr. Trübsbach

Städtischen Klinikum, Karlsruhe, (in Betrieb: MRT von Brucker, Alter etwa 10 Jahre) Ansprechpartner: Dr. Bergen

Klinikum Mannheim, (in Betrieb: MRT von Siemens, Alter etwa 6 Jahre) Ansprechpartner: OA Dr. Lehmann

Heinrich-Braun-Krankenhaus, Städtisches Klinikum Zwickau, (derzeit im Einbau: MRT Magnetom von Siemens) Ansprechpartner: Herr Hübner, Siemens

Die Patienten kommen im wesentlichen mit der Anmeldung, den Warteräumen, den Toilettenräumen, den Umkleideräumen und dem Untersuchungsraum in Kontakt. Des weiteren können Patientengespräche im Arztzimmer und die Verabreichung von Kontrastmitteln, EKG-Überwachung oder Narkoseeinleitung in einem Vorbereitungs- oder Notfallraum stattfinden.

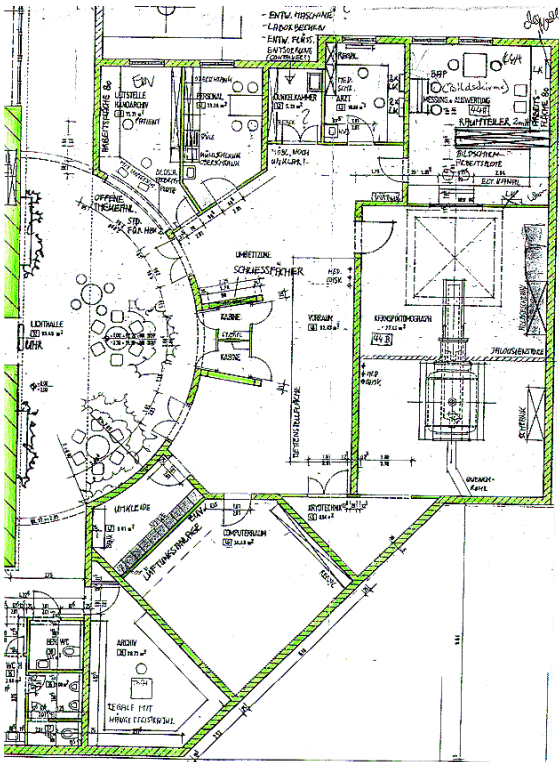


Abb. 134.: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, Grundriß MRT-Bereich
(Quelle: Plan freundlicherweise zur Verfügung gestellt von Dr. Lehmann/Dr. Neumann, Physiker)

An den Untersuchungsraum sind angeschlossen: Schalraum mit Auswertung (Befundung), Schreibplatz, Dunkelkammer, Labor, schallgedämmter klimatisierter Technikraum für Rechner und Klimatisierung des Untersuchungsraums, Abstellraum für Helium und Stickstoff, sowie Archiv. Neben weiteren Funktionsräume, wie sie unter 6.1 bereits genannt wurden, müssen die Personalräume mit Aufenthalts- und Umkleidemöglichkeiten sowie deren Sanitärräume beachtet werden.²⁹⁵



Abb. 135: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Dresden-Strehlen, 12.10.96, Anmeldebereich

²⁹⁵ Vgl. PROJEKTTRÄGER FORSCHUNG IM DIENSTE DER GESUNDHEIT IN DER DEUTSCHEN FORSCHUNGSANSTALT FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E. V. (DLR) (HRSG.) (1990), S. 16

- **Mit welchen psychischen Voraussetzungen kommt der Patient in diesen medizinischen Bereich?**

Im Gegensatz zum CT als schnell verfügbarer Routineuntersuchung wird der MRT als spezielles Untersuchungsgerät angewendet. Er ist insbesondere zur kontrastreichen Darstellung von Weichteilen geeignet, wodurch auch Gefäße ohne Kontrastmittelzugabe sehr gut abgegrenzt werden können.²⁹⁶ Im allgemeinen wird das zentrale Nervensystem untersucht. Hirntumoren, Rückenmarkstumoren und -erkrankungen, Bandscheiben- und sonstige orthopädische Schäden wie Meniskus- und Gelenkdarstellungen sowie Multiple Sklerose gehören zu den häufigsten Diagnosen. Außerdem sind alle Darstellungen weicher Organe des Abdomens (Unterleib) möglich. Zusätzlich wird der MRT bei Nachuntersuchungen nach Therapien und Verlaufskontrollen bei bestimmten Krankheiten wie Multiple Sklerose eingesetzt.²⁹⁷

Der MRT wird heute bereits für interventionelle Therapie genutzt, indem Operationen unter Verwendung von amagnetischem Titan-Besteck unter Bildgebung durchgeführt werden. So wird zum Beispiel der MRT beim Abtragen von Bandscheibenflüssigkeit bei Bandscheibenvorfällen zur Überprüfung des Operationserfolges während der Behandlung genutzt. Diese Entwicklung hat zur Folge, daß zukünftige MRT-Räume wesentlich größere Flächen benötigen als bisher, um neben dem OP-Team alle notwendigen Geräte für die OP unterzubringen. Es zeichnet sich ab, daß auf dem Gebiet der Kernspintomographie sich der Trend hin zur kombinierten Untersuchung/Behandlung, wie es bereits in der Urologie mit der urologischen Untersuchungseinheit mit Steinertrümmerung üblich ist, vollziehen wird. Wesentlich ist, daß die zukünftigen Räume den zukünftigen Aufgaben entsprechen und eine flexible Nutzung ermöglichen.

Die Untersuchung mit einem MRT hat eine therapeutische Konsequenz zum Ziel. So wird entweder ein Verdacht durch die Untersuchung bestätigt oder ausgeschlossen (Ausschlußdiagnostik mit anschließender weiterer Suche nach einer anderen Erkrankung) und dann in einem anderen medizinischen eine Therapie eingeleitet.²⁹⁸ Eine generelle Problematik ist, daß sich Diagnosemöglichkeiten und -techniken wesentlich schneller entwickeln als die der Therapie.

Das Ziel vor Augen, die Ursache für die Beschwerden zu finden und die eigene Krankheit zu bekämpfen, macht die Patienten im allgemeinen stark und kooperativ. Sie versuchen also, ihre Ängste, Bedenken und Instinkte zu kontrollieren und sich auf ihre Untersuchung zu konzentrieren, damit sie schnell und ohne Bildartefakte durchgeführt werden kann.

Als besondere Voraussetzung ist im Bereich MRT zu nennen, daß die Patienten tatsächlich nicht wissen, welche Erkrankung sie haben, es jedoch ahnen. Diese Ungewißheit macht sie besonders sensibel für alle Einflüsse ihrer Umwelt. Dies betrifft insbesondere den sozialen Kontakt mit dem Personal und die lange Zeit in der Gantry.

²⁹⁶ Vgl. DALICHO, R. W. (1994), S. 21

²⁹⁷ Vgl. TRÜBSBACH (1996)

²⁹⁸ Vgl. TRÜBSBACH (1996)

- **Gibt es vor der Untersuchung/Therapie Vorgespräche, die dem Patienten alle notwendigen Informationen geben? Wie bereiten sie sich selber auf die Untersuchung/Therapie vor?**

Vorgespräche sind im allgemeinen nicht erforderlich. Die Patienten werden vor der Untersuchung auf die Gefährlichkeit von Kontraindikationen hingewiesen. Dabei handelt es sich um Umstände, die eine bestimmte medizinische Maßnahme verbieten: So müssen bei einer MRT-Untersuchung müssen alle ferromagnetischen Dinge abgelegt werden. Personen mit Herzschrittmachern ist der Zugang näher als 0,5 mT als „Herzschrittmacherlinie“ verboten. Die Elektronik des Herzschrittmachers würde unkontrollierbar, vergleichbar mit einem Kompaß nahe eines Pols. Im Notfall muß auf den CT ausgewichen werden.²⁹⁹ Weitere Kontraindikationen können innenliegende Nägel sein, wie sie früher bei Operationen verwendet wurden. Bei ihnen besteht die Gefahr, daß sie im Körper wandern. Björk-Sherley-Herzklappenprothesen, Metallkörper oder Granatsplitter in Bereich des Hirns oder Herzens, Stapes-Plastiken mit ferromagnetischem Metall und Gefäßclips je nach Lokalisation sind weitere Kontraindikationen. Neuere Herzklappenprothesen werden bereits aus amagnetischem Material hergestellt. Klaustrophobie wird als relative Kontraindikation eingestuft.³⁰⁰

Ist bekannt, daß ein Patient unter einer Klaustrophobie, einer krankhaften Angst vor dem Aufenthalt in geschlossenen Räumen, leidet, wird er besonders auf die Untersuchung vorbereitet. Einerseits wird versucht, ihm in Gesprächen Angst und Beklemmungen zu nehmen. Andererseits besteht die Möglichkeit, ihn für die Untersuchung zu sedieren, also ein Beruhigungsmittel zu verabreichen. Kinder werden im allgemeinen vor der Untersuchung mit solchen Mitteln beruhigt, da sie häufig angeborene oder perinatale, also um die Geburt herum entstandene Hirnschäden haben. Oftmals wird bei der Untersuchung von Kleinkindern zusätzlich ein Elternteil zur Beruhigung mit in den Untersuchungsraum genommen.³⁰¹

Eine richtige Narkose wird im allgemeinen vermieden. Zu diesem Mittel wird nur gegriffen, wenn der Patient die Untersuchung im MRT wirklich nicht ertragen kann, Gründe hierfür sind dann Klaustrophobie, der enorme Lärm, der nur bedingt durch Ohrenstöpsel abgefedert werden kann, oder die bevorstehende Einsamkeit in der Gantry, die zu großen Ängsten führen kann. Sollte aus diesen Gründen eine Narkose unerlässlich sein, so muß ein Raum zur Vorbereitung vorhanden sein. Schwierig wird die Beatmung des Patienten während seiner Narkose. Diese erfolgt über einen nicht ferromagnetischen Schlauch, der bis 3 m Länge haben kann. Durch diese Länge wird es für den Anästhesisten, der die Beatmungspumpe mit der Hand betätigt, sehr schwierig: es ist nur unzureichend nachzuvollziehen, wieviel Luft tatsächlich beim Patienten ankommt. Ein weiteres Problem stellt der direkte Kontakt zwischen Patient und Anästhesist dar, der bei MRT nicht gegeben ist. Häufig ist der Kontakt nur über die Glasscheibe oder per Videokamera möglich. Letztere arbeiten mit keiner besonders guten Bildauflösung, so daß der Anästhesist nicht die Gesichtsfarbe des Patienten erkennen kann. Aus diesen Gründen wird soweit möglich auf eine Narkose verzichtet, da sie

²⁹⁹ Die Gantry des MRT ist wesentlich tiefer als die eines CT. Dies liegt zum einen an der Möglichkeit, mit dem MRT auch Längsschnitte durch den menschlichen Körper vorzunehmen, andererseits bewirkt ein größerer Magnet ein homogeneres Magnetfeld, was einen positiven Einfluß auf die Bildqualität hat.

³⁰⁰ Vgl. TRÜBSBACH (1996); vgl. auch: Vgl. DALICHO, R. W. (1994), S. 21

³⁰¹ Vgl. TRÜBSBACH (1996)

zu riskant und auch teuer ist, da die Narkosegeräte für den Betrieb nahe eines starken Magneten geeignet sein müssen.³⁰²

- **Wie sieht der Weg des Patienten aus?**



Abb. 136: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Dresden-Strehlen, 12.10.96, Wartebereich MRT

Zuerst meldet sich der Patient am Empfang an. Nachdem der Patient einige Zeit im Wartebereich verbracht hat, wird er aufgerufen oder vom Personal abgeholt. Im Idealfall wird ihm unter vier Augen noch einmal kurz auf Kontraindikationen und auf sein Verhalten in der Gantry hingewiesen. Dies findet soweit möglich im Arztzimmer, häufig jedoch im Wartebereich statt. Die Wartezonen sind besonders angenehm zu gestalten, damit den Patienten die Wartezeit kurzweilig vorkommt und ihnen zugleich Ängste und Hemmungen genommen werden.



Abb. 137: Radiologische Gemeinschaftspraxis, Dresden-Strehlen, 12.10.96, Zwischenwartebereich MRT

Da in diesen Untersuchungsräumen häufig kein natürliches Licht einstrahlt, ist bei den anderen Räumen auf eine gute Atmosphäre zu achten. Der Blick ins Grüne, die natürliche Belichtung sind wesentliche Aspekte bei der Planung aller Räume und deren Ausrichtung zur Sonne. In der Radiologischen Gemeinschaftspraxis Dresden-Strehlen sind fast alle Räume mit Fenstern ausgestattet und liegen im Hochparterre, die notwendigen Technikräume im Geschoß darunter. So ist eine kurze Anbindung und der Schutz des Personals vor dem Lärmpegel der Technik gewährleistet.³⁰³

³⁰² Vgl. WOLF (1996)

³⁰³ Vgl. TRÜBSBACH (1996)



Abb. 138: *Klinikum Mannheim, 22.08.1996, MRT, Wartebereich mit Anmeldung, Sanitär- und Personalräume*

In der Umkleide findet der Patient ein Flügelhemd, in dem er in den Untersuchungsraum gebracht wird. Auf der höhenverstellbaren Patientenliege liegen weiche Lagerungskeile bereit, die ihm in die notwendige Position helfen. Zumeist mit dem Kopf voraus wird er in die Gantry geschoben. Bei der Untersuchung des Kopfes erhält der Patient eine ihn zusätzlich einengende HF-Spule über den Kopf, in der sein Kopf wiederum mit Kunststoffteilen verkeilt wird, damit Bildartefakte vermieden werden. Durchschnittlich verbringt ein Patient 20 Minuten in der Gantry, allein, ohne Ablenkung und hochkonzentriert. Meßzeiten von 30 oder 40 Minuten sind allerdings keine Seltenheit.



Abb. 139: *Städtisches Klinikum Karlsruhe, 20.08.1996, MRT, Wartebereich mit Umkleiden*



Abb. 140: Universitätsklinikum Dresden, 27.09.1996, MRT (in der Einführungsphase), Umkleide

Besonders unangenehm für den Patienten ist es, während der Untersuchung reglos zu verharren. Neben dem Effekt, daß es ständig irgendwo zu jucken scheint und der Patient sich sehr konzentrieren muß, geht ihm durch die Orientierungslosigkeit das Zeitgefühl verloren. Manches Mal ist das Mitzählen der ohrenbetäubenden Schläge durch die HF-Impulse die einzige mögliche Beschäftigung zur Ablenkung. Vor dem ununterbrochenen Surren und den lauten Klopferäuschen sollte der Patient mit Ohrenstöpseln geschützt werden. Diese können allerdings aus den Ohren herausfallen und werden dadurch kaum verwendet. In manchen Kliniken werden zum Schallschutz Kopfhörer eingesetzt, die gleichzeitig Musik über CD-Player ganz nach dem Geschmack des Patienten wiedergeben. Auch wenn der Patient wegen der Musik oder der Hörspiele abgelenkt ist, wird der Sprechkontakt über den Kopfhörer garantiert. Wesentliches Ziel ist, den Patienten von dieser ihm unendlich lang erscheinenden Zeitspanne abzulenken.

Während dieser Zeit ist der Patient jedoch nicht gänzlich von der Außenwelt abgeschlossen: Videokameras, im allgemeinen eine von vorne und eine von hinten, ermöglichen die ganze Zeit die Überwachung durch das Personal. Außerdem kann sich der Patient durch ein Mikrophon bemerkbar machen, in manchen Kliniken besteht die Möglichkeit, beiderseits Sprechkontakt aufzunehmen. Ein Klingel erhält jeder Patient in die Hand gelegt, damit er sich im Notfall bemerkbar machen kann. Direkter Blickkontakt seitens des Personals ist natürlich zusätzlich durch die Spezialglasscheibe zwischen Schalt- und Untersuchungsraum möglich.³⁰⁴ Allerdings hat der Patient keine Möglichkeit, seine Umgebung zu sehen. Dies wäre nur über ein Spiegelsystem zu erreichen, was allerdings bei Messungen im Kopfbereich durch die Augenbewegung zu Bildartefakten führen würde.

³⁰⁴ Vgl. TRÜBSBACH (1996)

- **Welche Resultate ergeben sich daraus für die baulichen Gestaltung des Untersuchungsraumes?**

Die bauliche Gestaltung in der Kernspintomographie soll dazu beitragen, die *Erregung* zu verringern oder gering zu halten, eine gewisse *Lust* zu verursachen und eine leise *Dominanz* zu erzielen. (siehe Kapitel 4.2.)

Material

Die *Materialien* sollen eine gewisse Vertrautheit implizieren, jedoch sollte die Atmosphäre nicht zu wohnlich werden. Holz sollte im Bereich eines MRT nicht überwiegen, sondern nur als zierendes Element z. B. in Form von Leisten eingesetzt werden. Die Materialien der besichtigten Beispiele waren Putz oder Tapete, manchmal auch Holzimitatpaneele und Kunststoffböden.

Im Rahmen des gesamten Gestaltungskonzepts des MRT-Bereiches wird empfohlen, sich auf Materialien zu beschränken, die eine zeitlose Frische ausstrahlen. Putz, Tapete oder helle Paneele, jedoch besser nicht aus Holz, sind für Wände und Decken geeignet. Als Bodenbelag sind wischfähige Materialien vorzuziehen, auch wenn diese Eigenschaft momentan eine untergeordnete Rolle spielt. Es soll dabei beachtet werden, daß die Patienten in Strümpfen oder barfuß zum Gerät gehen.

Der Bodenbelag muß elektrisch ableitfähig sein.³⁰⁵ Die *Ableitfähigkeit* bezog sich früher auf die Vermeidung von Explosionen durch leicht entzündlicher Narkosegase, heute ist der Einsatz erheblich erweitert: Ladungsübertragungen auf den Patienten, auf medizinische und elektromedizinische Geräte und die Vermeidung gefahrbringender Schockreaktionen der Patienten und des Operationsteams sind weitere Ziele.³⁰⁶

Farbe

Die *Farbgebung* muß im Untersuchungsraum eines MRT weniger Geborgenheit ausstrahlen, als dies in der Strahlentherapie der Fall ist. Also sollen keine warmen, sondern helle, kühle, frische Farben zur Anwendung kommen, die dem Patienten das Atmen ermöglichen. So dürften alle abgemischten Weißtöne günstig sein, wenn sie mit einer einheitlichen, sorgfältig ausgewählten Schmuckfarbe akzentuiert wird. So können z. B. Türen, Türrahmen, Klinken und Zierleisten in frischem Mintgrün gehalten werden und somit das steril wirkende Weiß auflockern.

Der Boden soll auf diesen Farbklang abgestimmt sein und einen Halt für den Patienten bieten. Interessant sind Gießharze, die trotz vieler kleiner Farbtupfer ein einheitliches, aber nicht langweiliges Bild bieten. Der Bodenbelag kann auch aus mehreren Farben bestehen, die durch Leisten getrennt sind. Diese können genutzt werden, die Streufeldverteilung des Magneten und damit die Grenzen darzustellen, bis zu denen bestimmte Geräte angenähert werden dürfen, wie z. B. Narkosegeräte, Uhren, Herzschrittmacher.

³⁰⁵ Vgl. O. V. (1988a), S. 510

³⁰⁶ Vgl. NEUSCHÄFER-RUBE, K.-R. (1992), S. 252 f.



Abb. 141: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, MRT, der Doktor holt den Patienten ab

Beleuchtung

Am angenehmsten wäre auch hier die natürliche *Tageslichtbeleuchtung*, um die erdrückend wirkenden, dunklen Räume angenehmer zu gestalten.³⁰⁷ Diese ist möglich, wenn die Herzschrittmachergrenze nicht außerhalb des Fensters reicht bzw. der Bereich vor dem Fenster nicht begehbar ist. Die Scheiben müssen mit einer HF-Abschirmung versehen sein, damit weder Störfrequenzen von außen die Meßergebnisse beeinträchtigen, noch die HF-Impulse des MRT in die Umgebung gelangen können. Dieses Spezialglas ist zwar sehr teuer, doch genügen für die psychologische Wirkung bereits kleine Fensterflächen, so daß sich die Mehrkosten in Grenzen halten dürften.



Abb. 142: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, MRT, mit Deckenoberlicht

Die zusätzliche künstliche Beleuchtung hat den Zweck, die Arbeiten durch das Bedienpersonal zu unterstützen und dem Patienten eine angenehm helle Atmosphäre zu vermitteln. Ein heller Raum kann durch den Patienten beim Betreten schnell erfaßt werden. Das Personal könnte dem Patienten den Raum, das Gerät, die Möbel und das Zubehör kurz erklären, damit er trotz des Liegens in der

³⁰⁷ Vgl. WOLF (1996)

Gantry seine Umgebung kennt. Ist er erst einmal in der Gantry, hat er nicht mehr die Möglichkeit, den Raum zu erkunden und kennenzulernen.

Die *Beleuchtung im Schaltraum* hat besondere Ansprüche: die Einstellungen für die Untersuchung selbst und auch die Befundung findet am Bildschirm statt. Meist handelt es sich um kontrastreiche Bilder auf einem monochromen Bildschirm. Deshalb muß absolute Blendfreiheit und Entspiegelung gewährleistet werden. Diese wird einerseits bedingt durch die Qualität der Bildschirme sowie dessen Zubehör (Blendschutz) und andererseits durch die Anordnung der Fenster bzw. der Lampen. Ein Lichtplaner sollte unbedingt zu Rate gezogen werden, damit die Beleuchtung nicht zu schummrig ist, da sonst Gemüt, Motivation und Produktivität des Personals negativ beeinflußt werden.



Abb. 143: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, MRT, Schaltplatz

Möbel

Die *Möbel* haben insbesondere den Zweck, die verschiedenen HF-Spulen aufzubewahren. Diese gibt es in unterschiedlichen Größen und Gewichten für die einzelnen Körperregionen. Zu beachten ist, daß diese Spulen also relativ schwer und außerdem ziemlich unhandlich sind. Die Schränke dafür sollen keine Türen haben und der Größe sowie dem Gewicht der Spulen angepaßt sein. Kleine Teile können höher gelagert werden als die großen. Trotzdem sollen die Ablageregale nicht hoch sein. Sie müssen ohne Hilfsmittel wie Leitern erreichbar sein.



Abb. 144: Klinikum Mannheim, 22.08.1996, MRT-Raum mit medizinischen Utensilien



Abb. 145: Computertomographie in Scripps Memorial Hospital, La Jolla, California
(Quelle: MILLER, R. L. (1995), S. 119)

Der Patient wird sich nach dem Betreten des Untersuchungsraumes sofort auf die Untersuchungs-
liege legen. Im allgemeinen wird er keine Zeit haben, Kunst im weiteren Sinne wahrzunehmen. Nur
durch außergewöhnliche Konzepte, wie in der Computertomographie in La Jolla, Kalifornien, kann
Kunst als raumgestaltendes Element angewandt werden. Bei diesem Beispiel ist sie sogar raumbe-
stimmendes Element.

Dem Vorschlag, Kunst im inneren der Röhre als Blickfang und „optische Fluchtmöglichkeit“ anzu-
bieten, kann leider nicht gefolgt werden: Der Patient würde unbewußt Augen und Kopf zu sehr be-
wegen, so daß Bildartefakte entstehen würden. Einige Ärzte empfehlen ihren Patienten übrigens, ih-
re Augen während der gesamten Untersuchung geschlossen zu halten.

Pflanzen

Natürliche Beleuchtung würde das Aufstellen großzügige Pflanzen unterstützen. Sind keine Fenster
vorhanden, können Pflanzenleuchten die Aufgabe des Sonnenlichts beim Pflanzenwachstum über-
nehmen. Natürlich sind Pflanzen nur möglich, wenn die hygienischen Anforderungen erfüllt wer-
den.

Einige technische Anmerkungen zu MRT-Untersuchungsräumen sollen dieses Kapitel abrunden:
Die Einbringöffnung für den Magnete von etwa 3 x 3 m kann seitlich oder von oben geplant werden
und dient später als Revisionsöffnung. Die Raumhöhe sollte nicht unter 3,50 m liegen.³⁰⁸ Weitere
technische Forderungen an die Ausstattung: verschließbare Schränke, insbesondere im Patienten-
vorbereitungszimmer, Röntgengerät zur Kontrolle auf Metallimplantate, Anschlüsse für Anästhe-
siegase im Untersuchungsraum, Rohrpostanschluß, Wechselsprechanlage und Übertragung von
CT- und MR-Bildern in jeden Auswerterraum und das Arztzimmer sowie mehrere Terminalan-

³⁰⁸ Vgl. O. V. (1988a), S. 510

schlüsse zum MRT-Rechner, evtl. auch von zu Hause,³⁰⁹ des weiteren Telefonanschluß insbesondere im Technikraum zur Unterstützung bei der Wartung der Geräte.



Abb. 146: Universitätsklinikum Dresden, 13.08.1996, MRT-Raum mit HF-Abschirmung und Deckenöffnung



Abb. 147: Universitätsklinikum Dresden, 13.08.1996, Anlieferung des Magneten

³⁰⁹ Vgl. PROJEKTTÄGER FORSCHUNG IM DIENSTE DER GESUNDHEIT IN DER DEUT-SCHEN FOR-SCHUNGSANSTALT FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E. V. (DLR) (HRSG.) (1990), S. 18



Abb. 148: Universitätsklinikum Dresden, 27.09.1996, MRT (in der Einführungsphase) mit Schließfächern

7 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel der Arbeit ist es, einige technische, psychologische und gestalterische Grundlagen für medizinische Spezialbereiche zu erarbeiten. Es lassen sich wesentliche Ergebnisse zusammenfassen:

- Die jeweiligen betrachteten Bereiche der Strahlentherapie, der Lithotripsie und der Kernspintographie erfordern jeweils genaue Analysen, um die funktionellen Abläufe, die allerdings in der Arbeit nur eine untergeordnete Rolle spielen, die technischen Details und die psychologischen Rahmenbedingungen zu ermitteln.
- Daraus ergeben sich jeweils unterschiedliche Anforderungen an die Gestaltung der einzelnen Bereiche, was im wesentlichen mit den technischen und psychologischen Voraussetzungen zusammenhängt.
- Zukünftig werden interventionelle Methoden auch im Bereich des MRT eine Rolle spielen. Für diese multifunktionelle Nutzung der Räume sind unbedingt größere Flächen vorzusehen.
- Die weitere Entwicklung der Geräte und neuer Technologien liegt in der Hand von Wissenschaftlern und Herstellern, so daß sich zukünftig Anforderungen an Räume ergeben werden, die heute noch gar nicht bedacht werden können.
- Die technische Weiterentwicklung der Geräte wird eine Auswirkung auf die bauliche Planung haben: inzwischen werden wesentlich mehr deckenhängige Geräte angewendet. Dies sind die gesamten Monitore zur Darstellung durch Röntgen oder Sonographie und zur Überwachung von Körperfunktionen wie z. B. Herzschlag. Auch könnten zukünftig Eingriffe unter Video-Bildgebung denkbar sein.³¹⁰

³¹⁰ Vgl. JÜNEMANN (1996)



Abb. 149: Universitätsklinikum Dresden, 2.10.1996, Strahlentherapie, Schaltbereich Simulator

- Zur Verbesserung der Situation des Patienten lassen sich viele Dinge einsetzen, die nicht in der Hand des Architekten liegen: Die Freundlichkeit des Personals, Musikeinspielung per Walkmann usw. Darüber hinaus wird vorgeschlagen, die Sinne der Patienten intensiver anzusprechen. Auch der Geruchssinn kann ein Medium sein, das den Patienten entspannen läßt. Die Hersteller könnten auch beheizbare Patientenliegen anbieten. Gerade auch bei großen Röntgengeräten, bei denen die Tische sehr kalt sind.

Die Arbeit zeigt, daß alle Patienten eines medizinischen Bereiches trotz ihrer allgemein ähnlichen Verfassung individuelle Vorlieben haben. Diese können mit einer festgelegten Raumgestaltung nur bedingt befriedigt werden. Einen interessanten Ansatz könnten da sogenannte „intelligente Zimmer“ („smart rooms“) bieten.³¹¹

„Intelligente Zimmer“ können durch Beobachtung des Menschen seine Gefühlssituation analysieren und entsprechend reagieren. Dies könnte im Bereich medizinischer Großgeräte eine wandelbare Wandfläche sein, die je nach Verfassung des Patienten ihre Farben und Motive ändert. Außerdem könnten Lieblingsmotive des einzelnen Patienten genannt, gespeichert und bei jeder Untersuchung/Behandlung wieder abgerufen werden.

³¹¹ Vgl. PENTLAND, A. P. (1996), S. 44 ff.

Quellen

- ALFRIED KRUPP VON BOHLEN UND HALBACH-STIFTUNG (HRSG.) (1993): Im Krankenhaus - Der Patient zwischen Technik und Zuwendung, Bilder aus dem Alfried Krupp Krankenhaus, Berlin, 1993 [Standort: 88/18 ZH 6350 R249]
- ANKER CLINIC (1994): Prospekt über den Einsatz von Teppichböden in klinischen Bereichen, Anker, Teppichfabrik, Gebrüder Schoeller GmbH & Co. KG, Postfach 10 19 26, 52319 Düren, 1994
- APPENZELLER, P. (1992): Farbe im Krankenhaus - Die Farbgestaltung von Kliniken zählt zu den kompliziertesten Aufgaben überhaupt, in: Das Deutsche Malerblatt, Nr. 2, S. 10-15, 1992
- Herr BARTELS (1996): Oberpfleger der Urologie des Städtischen Klinikums Karlsruhe, Gespräch am 21.8.1996
- BAUDISCH, E. (HRSG.) (1978): Grundlagen der Medizinischen Radiologie - Lehrbuch für Studierende, Berlin, 1978
- BFS (HRSG.) (1993a): Strahlung und Strahlenschutz, Eine Information des Bundesamtes für Strahlenschutz, 2. Auflage, Juni 1993 [Bezug: Bundesamt für Strahlenschutz, Referat Presse- und Öffentlichkeitsarbeit, Postfach 10 01 49, 38201 Salzgitter 1]
- BFS (HRSG.) (1993b): Schutz vor elektromagnetischen Feldern - Empfehlungen und Stellungnahmen der Strahlenschutzkommission, 1993 [Bezug: Bundesamt für Strahlenschutz, Geschäftsstelle der Strahlenschutzkommission, Postfach 12 06 29, 53048 Bonn]
- BFS (HRSG.) (1993c): Veröffentlichungen der Strahlenschutzkommission, Band 30: Strahlenexposition in der medizinischen Diagnostik, Klausurtagung der Strahlenschutzkommission 18./19.10.1993 [Bezug: Bundesamt für Strahlenschutz, Geschäftsstelle der Strahlenschutzkommission, Postfach 12 06 29, 53048 Bonn]
- BRUCKENBERGER, E. (1994a): Einsatz mobiler Lithotripter - eine realistische Alternative, in: Krankenhausumschau, 63. Jg., Nr. 1, S. 17-21, 1994
- BRUCKENBERGER, E. (1994b): Neue Runde in der unendlichen Geschichte der Großgeräteplanung, in: Krankenhausumschau, 63. Jg., Nr. 10, S. 772-781, 1994
- CLAUSDORF, L. (1995): Innenraumplanung für Krankenhäuser - Auswirkungen des Strukturwandels auf die bauliche Entwicklung, in: Bundesbaublatt, 44. Jg., Nr. 4, S. 273-277, 1995
- CLAUSDORF, L. (1994): Mißverhältnis - Innenräume für kranke Menschen, in: AIT Architektur, Innenarchitektur, technischer Ausbau, 102. Jg., Nr. 11, S. 68-69, 1994
- DALICHO, R. W. (1994): Ausgewählte Indikationen für Nuklearmedizin, Computertomographie (CT) und Kernspintomographie (MRT) in der täglichen Praxis, aus der Radiologischen Gemeinschaftspraxis Dresden-Strehlen Dr. G. Trübsbach, Dr. R. Dalicho, C. Th. Kadalie, Dresden, 1994
- DESAG - DEUTSCHE SPEZIALGLAS AG (o. J.): Erläuterungen, Informationen und Anwendungsbereiche im Zusammenhang mit Strahlenschutzglas RD 50, Deutsche Spezialglas AG, Postfach 2032, D-31074 Grünenplan, kopierte Broschüre, o. J.

DIN - DEUTSCHES INSTITUT FÜR NORMUNG (HRSG.) (1986): Wörterbuch der physikalisch-technischen Begriffe der medizinischen Radiologie: franz.-engl.-dt., Übertr. d. IEC-Publ. 788 ins Dt., erarbeitet vom Normenausschuß Radiologie, Arbeitsausschuß „Begriffe und Benennungen“, Berlin, 1986 [Standort: 88/09 94.4.19566.001]

DUTKE, S. u. a. (1992): Angst im Krankenhaus: Ein interdisziplinäres Forschungsprojekt, in: Pawlik, K. u. a. (Hrsg.): Umwelt und Verhalten: Perspektiven und Ergebnisse ökopsychologischer Forschung, Bern, S. 329-356, 1992 [Standort: 88/22 CV 9000/94/50]

Herr Dr. EITELJÖRGE (1996): Physiker der Karlsruher Planungsgesellschaft für Einrichtungen des Sozial- und Gesundheitswesens mbH, Gespräch am 20./21.8.1996

ERBE, M. u. a. (1990): Schutz durch Schwerbeton - Neubau für Strahlentherapie in Duisburg, in : Beton, 40. Jg., Nr. 10, S. 434-435, 1990

FÄRBER, C. VON (1991): Patientenorientierung im Krankenhaus - immer noch ein Problem, in: Krankenhausumschau, 60. Jg., Nr. 4, S. 250-256, 1991

FISCHBACH, H.-P. (1996): Sonnenschutz für Sonnenhäuser - Wie man Glasfronten vor zu hoher Einstrahlung schützen kann, in: Süddeutsche Zeitung vom 02.10.1996, S. 49

FRIELING, H. (1979): Farbe im Raum - Angewandte Farbenpsychologie, München, 1979 [Standort: 88/18 3170 F911 (2) +2]

GEO WISSEN (1995): Nachdruck der Ausgabe Ärzte, Technik, Patienten, Heft 22, 1995

GERLACH, I. (1987): Farbe im Krankenhaus - Farbe kann zur Gesundung beitragen, in: Das Deutsche Malerblatt, 58. Jg., Nr. 4, S. 331-333, 1987

Frau GÖBEL (1996): Architektin der Karlsruher Planungsgesellschaft für Einrichtungen des Sozial- und Gesundheitswesens mbH, Gespräch am 19.8.1996

HEEG, S. (1991): Möglichkeiten zur psychosozialen Entlastung des Pflegepersonals - zur Rolle des architektonischen Milieus, in: Landau, K.: Arbeitsbedingungen im Krankenhaus und Heim, Bericht über ein Symposium, im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Arbeit, Familie und Sozialordnung, München, S. 104-130, 1991

Herr HERGEL (1996): Sicherheitsingenieur am Städtischen Klinikum Karlsruhe, Gespräch am 21.8.1996

HERR, R. (1995): Schwerbeton für Klinikum - Neubau mit Röntgenraum in Wuppertal, in: Beton: Jg.45, Nr.3, S.197, 1995

HOLLAY, E. (1992): Schöner Heilen - Gute Form in der Medizin, in: db Deutsche Bauzeitung, 126. Jg., Nr. 5, S. 116-123, 1992

Herr HÜBNER, M. (1996): Projektmanager der Siemens AG, Medizinische Technik, Ingenieurbüro Dresden, Washingtonstraße 16/16a, 01139 Dresden, Gespräch am 19.4.1996

Frau JANßEN (1996): Innenarchitektin am Städtischen Klinikum Karlsruhe, Gespräch am 20.8.1996

- JENNY, P. (1994): Farbhunger - Texte und Bilder zur Aufhebung der Gewaltenteilung zwischen Wort und Farbe, Zürich, 1994 [Standort: 88/18 ZH 3170 J54 +2]
- Herr JÖRGER (1996): Architekt der Karlsruher Planungsgesellschaft für Einrichtungen des Sozial- und Gesundheitswesens mbH, Gespräch am 21.8.1996
- Herr Dr. JÜNEMANN (1996): Oberarzt der Urologie am Klinikum Mannheim, Gespräch am 22.8.1996
- KAPEG mbH, Karlsruher Planungsgesellschaft für Einrichtungen des Sozial- und Gesundheitswesens mbH
- KLEIST, E.-H. / SCHMIEG, P. (1995): Abklinganlage für eine nuklear-medizinische Klinik; in: TAB - Technik am Bau, Nr. 2, S. 69-76, 1995
- Herr Dr. KLENGEL (1996): Oberarzt der Kernspintomographie an dem Universitätsklinikum, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus der TU Dresden, Gespräch mit Mitarbeitern am 26.9.1996
- KRESTEL, E. (HRSG.) (1988): Bildgebende Systeme für die medizinische Diagnostik - Grundlagen und technische Lösungen, Berlin, 1988 [Standort: 88/32 89 1401]
- KUNZE, M. (1994): Architekturpsychologische Untersuchungen zum Krankenhausbau, Dissertation an der Fakultät Architektur, Stadt- und Regionalplanung der HAB Weimar, 1994 [Standort 88/18 ZH 6350 K96]
- LAUBENBERGER, T. (1990): Technik der medizinischen Radiologie - Diagnostik, Strahlentherapie, Strahlenschutz, Köln, 1990 [Standort: 88/09 94.8.10050.001]
- Herr Dr. LEHMANN (1996): Oberarzt der Strahlentherapie und Kernspintomographie am Klinikum Mannheim, Gespräch am 22.8.1996
- LINZ, U. (1996): Tumorthherapie mit Ionenstrahlen, in: Spektrum der Wissenschaft, Ausgabe Juni 1996, S. 70-79, 1996
- MAHNKE, F.-H. (1990): Farbe und Umweltgestaltung - Berufsbild und Tätigkeitsbereiche des Farbberaters, in: Bulletin Schweizerische Zentralstelle für Baurationalisierung, Nr. 6, S. 20-25, 1990
- MALKIN, J. (1989): Medical and dental space planning for the 1990s, USA: Van Nostrand Reinhold, 1989 [Standort: 88/18 ZH 6350 M251]
- Herr Dr. MANSECK (1996): Oberarzt der Urologie an dem Universitätsklinikum, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus der TU Dresden, Gespräch am 2.10.1996
- MEHRABIAN, A. (1978): Räume des Alltags oder wie die Umwelt unser Verhalten bestimmt., Frankfurt/Main, 1978 [Standort: 88/02 CV 9000 M498, 95.8.13807.001]
- MILLER, W. (1991): Grüne Freiräume im Gebäude, in: Garten und Landschaft, 101. Jg., Nr. 5, S. 20-24, 1991
- MILLER, R. L. (1995): New directions in hospital and healthcare facility design, New York, 1995 [Standort: 88/18ZH 6350 M649]

MÜHLICH-STADEN C. VON / MÜHLICH, W. (1991): Innenraumgestaltung von Gesundheitseinrichtungen - welche Berechtigung hat dieses Thema überhaupt?, in: Detail, 31. Jg, Nr. 3, S. 214-218, 1991

Frau Dr. NAUMANN (1996): Strahlenschutzbeauftragte der Strahlentherapie des Städtischen Klinikums Karlsruhe, Gespräch am 21.8.1996

NEUSCHÄFER-RUBE, K.-R. (1992): Krankenhausbau - Anforderung an Bodenbeläge, in: Bundesbaublatt, Nr. 4, S. 251-257, 1992

O. V. (1988a): Abgeschirmt - Neubau für einen Magnetresonanz-Tomographen in Münster, in: Die Bauverwaltung, 61. Jg., Nr. 12, S. 508-510, 1988

O. V. (1988b): Regionalspital Yverdon, in : Architektur und Technik - Schweizer Baufachzeitschrift für Planung und Ausführung, 11. Jg., Nr. 11, S. 2-7, 1988

O. V. (1995): Keine Angst vor der Röntgenabteilung - Patientenfernsehen dient auch der medizinischen Aufklärung, in: Krankenhausumschau, 65. Jg., Nr. 8, S. 665-666, 1995

PENTLAND, A. P. (1996): Intelligente Zimmer - Elektronische Butler können künftig unauffällig in die Wände von Wohn- und Arbeitsräumen integriert werden..., in: Spektrum der Wissenschaft, Ausgabe Juni 1996, S. 44-51

PHILIPS, Medizin Systeme, UB Der Philips GmbH, Röntgenstraße 24, D-22335 Hamburg

PHILIPS in der Praxis (o. J.)

PHILIPS, Prospekt über DIAGNOST ME (1995)

PHILIPS, Prospekt über GYROSCAN NT 15 (1995)

PHILIPS, Prospekt über SLS 23 und SLS 38 Simulator für die Strahlentherapie (1995)

PROJEKTLEITUNG STRAHLENTHERAPIE (HRSG.) (1986): Strahlentherapie Kantonsspital Aarau - Schrift zur Eröffnung, 1986

PROJEKTTRÄGER FORSCHUNG IM DIENSTE DER GESUNDHEIT IN DER DEUTSCHEN FORSCHUNGSANSTALT FÜR LUFT- UND RAUMFAHRT E. V. (DLR) (HRSG.) (1990): Multizentrische Studie zur Evaluierung der Kernspintomographie, im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie, 1990

Herr Dr. ROEREN (1996): Chefarzt der Kernspintomographie, Kantonsspital Aarau, Schweiz, Gespräch am 18.9.1996

RÖSLER, H.-D. (1987): Medizinische Psychologie: Ein Lehrbuch für Studenten, Berlin, 1987 [Standort: 88/22 VII C 253]

SAUTTER-BIHL, M. L. u. a. (1996): Strahlen für das Leben, am Städtischen Klinikum Karlsruhe, 2. Auflage, 1996

SCHERLE, S. (1987): Das Krankenhaus als Haus der Behandlung, Deutscher Krankenhaustag, Deutschland, Bundesrepublik, Düsseldorf, 31.03.1987 - 03.04.1987, Nr. 14, in: Krankenhausumschau, 56. Jg., Nr. 9, S. 742-744, 1987

- SCHMIEG, P. (1987a): Architektur im Intensivbereich. Teil 1, in: Das Krankenhaus, 79. Jg., Nr. 1, S. 10-14, 1987
- SCHMIEG, P. (1987b): Architektur im Intensivbereich. Teil 2, in: Das Krankenhaus, 79. Jg., Nr. 2, S. 58-63, 1987
- SCHOSSIG, E. u. a. (1995): Arztpraxen, gestaltete Räume für Arzt und Patient, Leinfelden-Echterdingen, 1995 [Standort: 88/18 ZH 6350 S374]
- SCHULTZ-GAMBARD, J. / HOMMEL, B. (1987): Sozialpsychologie und Umweltgestaltung: der Beitrag der Crowdingsforschung, in: Schultz-Gambard, J. (Hrsg.): Angewandte Sozialpsychologie - Konzepte, Ergebnisse, Perspektiven, München, S. 251-264, 1987 [Standort: 88/22 V-0/346 92/584]
- Herr Dr. SCHWEGLER (1996): Chefarzt der Strahlentherapie, Kantonsspital Aarau, Schweiz, Gespräch am 18.9.1996
- SIEMENS AG, Bereich Medizinische Technik, Henkestraße 127, D-91052 Erlangen
- SIEMENS: Magnetom Impact, Project Plan, Customer Release Acknowledgement (1995)
- SIEMENS, Plan für Röntgen-Diagnostik/Lithotripsie (1995)
- SIEMENS, Prospekt über Ganzkörper-Computertomograph mit Spiralaufnahmetechnik SOMATOM PLUS 4 (o. J.)
- SIEMENS, Prospekt über MAGENTOM Open (o. J.)
- SIEMENS, Prospekt über Untertisch-Röntgendiagnostiksystem SIRESKOP SX (o. J.)
- SIEMENS, Prospekt über ZXT Therapie-Lagerungstisch mit erweiterter Höhenverstellung (o. J.)
- STEUER, W. (1991): Humanisierung im Krankenhaus, in: Landau, K. (Hrsg.): Arbeitsbedingungen im Krankenhaus und Heim, Bericht über ein Symposium, im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Arbeit, Familie und Sozialordnung, München, S. 436-443, 1991
- SUTER, J. (1993): Gegenpol zu Leid und Schmerz - Psychologen und Kunstsachverständige sind sich einig - Kunst im Spital kann eine Therapiewirkung auf den Patienten haben, in: Schweizer Spital, 57. Jg., Nr. 5, S. 15-16, 1993
- Frau Dr. TRÜBSBACH (1996): Radiologische Gemeinschaftspraxis Dresden-Strehlen Dr. G. Trübsbach, Dr. R. Dalicho, C. Th. Kadalie, Gespräch am 17.8.1996
- Herr Prof. Dr. TSCHOLL (1996): Chefarzt der Urologie, Kantonsspital Aarau, Schweiz, Gespräch am 18.9.1996
- VOGT, H.-G. / SCHULTZ, H. (1992): Grundzüge des praktischen Strahlenschutzes, 2., vollst. Neubearb. Aufl., München, 1992 [Standort: 88/05 UN 7900 V886(2)]
- Herr Dr. VOIGTMANN (1996): Leitender Physiker der Strahlentherapie an dem Universitätsklinikum, Medizinische Fakultät Carl Gustav Carus der TU Dresden, Gespräch am 2.10.1996

WALTERSDORFER, R. (1987): Neubau des Strahlentherapiezentrum im Landeskrankenhaus Graz, Universitäts-Kliniken, in: Österreichische Krankenhaus Zeitung, 28. Jg., Nr. 3, S. 217-219, 1987

WILLICH, E. (HRSG.) (1988): Radiologie und Strahlenschutz - einschließlich neuer bildgebender Verfahren, Berlin, 1988 [Standort: 88/09 94.8.12638.001]

WINAU, R. (1993a): Entwicklung chirurgischer Instrumente, in: Hermann, A. / Dettmering, W. (Hrsg.): Technik und Kultur, Band IV: Technik und Medizin, Düsseldorf, S. 35-51, 1993 [Standort: 88/09 93.8.05965.003]

WINAU, R. (1993b): Soziale und individuelle Folgen der Technisierung der Medizin, in: Hermann, A. / Dettmering, W. (Hrsg.): Technik und Kultur, Band IV: Technik und Medizin, Düsseldorf, S. 289-296, 1993 [Standort: 88/09 93.8.05965.003]

WELTER, R. (1978): Adaptives Bauen für Langzeitpatienten, Dissertation an der ETH Zürich, 1978 [Standort 88/00 22.4.14044.0.1]

Frau Dr. WOLF (1996): Anästhesistin am Städtischen Klinikum Karlsruhe, Gespräch am 21.8.1996

HSSS AdminTools (c) 2001, last visited: Fri Jul 13 11:43:44 GMT+02:00 2001